

Biomassan kaskadiperiaate ja muut politiikkatoimet

Synergiat ja ristiriidat

**Elina Raitanen, Riina Antikainen, Topi Turunen,
Eeva Primmer ja Jyri Seppälä**



Biomassan kaskadiperiaate ja muut politiikkatoimet

Synergiat ja ristiriidat

**Elina Raitanen, Riina Antikainen, Topi Turunen,
Eeva Primmer ja Jyri Seppälä**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 27 | 2017

Suomen ympäristökeskus

Kulutuksen ja tuotannon keskus

Julkaisun otsikko: Biomassan kaskadiperiaate ja muut politiikkatoimet. Synergiat ja ristiriidat

Kirjoittajat: Elina Raitanen, Riina Antikainen, Topi Turunen, Eeva Primmer, Jyri Seppälä

Vastaava erikoistoimittaja: Jari Lyytimäki

Rahoittajat: Ympäristöministeriö ja SYKE

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

PL 140, 00251 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Riina Antikainen

Kannen kuva: Riku Lumiaro/YHAn kuvapankki

Julkaisu on saatavana veloitusetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.juvenesprint.fi

ISBN 978-952-11-4869-9 (nid.)

ISBN 978-952-11-4870-5 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2017

TIIVISTELMÄ

Biomassan kaskadiperiaate ja muut politiikkatoimet - Synergiat ja ristiriidat

Resurssitehokkuuteen liittyvässä tieteellisessä ja poliittisessa keskustelussa on viime aikoina ollut esillä kaskadiperiaate, jolla tavoitellaan etenkin biomateriaalien tehokasta ja kertautuvaa käyttöä. Kaskadikäsite on ollut Euroopan unionissa (EU) esillä muun muassa kiertotaloutta ja biotaloutta koskevissa politiikka-aloitteissa sekä metsästrategiassa ja epäsuoria maankäyttövaikutuksia (ILUC) käsittelevässä uusiutuvan energian direktiivissä. Lisäksi EU:n jätepolitiikkaa ohjaava jätehierarkia asettaa kaskadiperiaatteen mukaisen etusijajärjestyksen materiaalien eri käyttömuodoille. Tämä selvitys on synteesi kaskadiperiaatteen nykytilanteesta kansainvälisessä ja kotimaisessa keskustelussa. Tarkoituksena oli avata kaskadiperiaatteen määritelmää sekä selventää kaskadiperiaatteen liityntä- ja rajapintoja luonnonvarapolitiikan eri osa-alueisiin ja ekosysteemipalveluihin. Selvityksessä tarkastellaan erityisesti Suomen näkökulmasta kaskadiperiaatteen tuomaa lisäarvoa sekä sen ja muiden luonnonvarapolitiikkojen välisiä synergioita ja mahdollisia ristiriitaisuuksia. Lisäksi kuvataan kaskaditermin käyttöä eräiden Euroopan maiden politiikoissa. Johtopäätöksenä todetaan, että kaskadiperiaatteen käyttöä koskevaa sitovaa sääntelyä olennaisempaa olisi saattaa ristiriitaiset politiikat paremmin linjaan keskenään. Kaskadimalli voi toimia työkaluna eri sektorien politiikkojen välisten synergioiden tunnistamisessa ja hyödyntämisessä. Politiikkojen ristiriitaiset tavoitteet ja toisiaan kumoavat vaikutukset tulisi tunnistaa ja linjata tavoitteet yhteneväisiksi. Kaskadikäytön vaikutusten huomioon ottaminen voisi edesauttaa bioenergia- ja biotalouspolitiikkojen biodiversiteetti- ja hiilitasevaikutusten suotuisaa kehitystä. Biotalous kaskadiperiaate voi edistää kiertotalouden ja kestävästä käytöstä tavoitteita viemällä niitä käytäntöön. Näin biotalous kehittyisi kiertotalouden kanssa linjassa parantaen resurssitehokkuutta, ja edistäisi samalla siirtymistä vähähiiliseen yhteiskuntaan, jossa ekosysteemipalvelut on turvattu. Kaskadiperiaatteen tulee tukea politiikkakoherenssia nivomalla luonnonvaroja tuottavat ekosysteemien toiminnot niihin tuotantoprosesseihin, joissa biomateriaaleja jalostetaan. Kaskadikäytön vaikutuksia tulisi tarkastella laajemmin siitä näkökulmasta, millaisia kokonaisvaltaisia – suoria ja epäsuoria – ympäristö- ja ekosysteemi-vaikutuksia sillä on.

Asiasanat: kiertotalous, biotalous, biomassa, luonnonvarat uudelleenkäyttö, kestävä käyttö, ohjauskeinot, ympäristöpolitiikka, kaskadiperiaate

SAMMANDRAG

Kaskadprincipen för biomassa och övriga politiska åtgärder – Synergier och kontroverser

I den vetenskapliga och politiska debatten i anslutning till resurseffektivitet har kaskadprincipen varit uppe den senaste tiden. Den är en princip genom vilken man eftersträvar en effektiv och kumulativ användning särskilt av biomaterial. Kaskadbegreppet har varit aktuellt inom EU vid politiska initiativ som gällt cirkulär ekonomi och bioekonomi samt i skogsstrategin och i förnybar energi direktivet som gäller indirekta markanvändningseffekter (ILUC). Den avfallshierarki som styr Europeiska unionens (EU) avfallspolitik ställer exempelvis en prioritetsordning enligt kaskadprincipen för olika användningsformer av material. Denna utredning är en syntes av kaskadprincipens nuläge i den internationella och inhemska debatten. Syftet var att öppna definitionen av kaskadprincipen, utreda kaskadprincipens kopplingar och gränssnitt till naturresurspolitikens olika delområden samt granska vilka mervärden, synergier och eventuella konflikter som visar sig mellan kaskadprincipen och övriga naturresurspolicyer, särskilt ur Finlands perspektiv. Dessutom kartlade man användningen av kaskadtermen i politiken i vissa europeiska länder. Som slutsats konstateras att väsentligare än bindande reglering gällande användningen av kaskadbegreppet skulle vara att minska de politiska motstridigheterna. Kaskadmodellen kan fungera som ett verktyg för att identifiera och utnyttja synergier mellan policyer. Motstridiga politiska mål och bytesrelationer borde identifieras och avlägsnas. I synnerhet när det gäller policyer till exempel i bedömningen av bioenergi- och bioekonomipolicyerna samt biodiversitets- och kolbalanseffekten kunde det vara användbar att beakta effekterna av kaskadanvändningen. Inom bioekonomin skulle det finnas skäl att följa kaskadprincipen eftersom den för med sig kriterierna för cirkulär ekonomi och hållbart nyttjande. På det här viset skulle bioekonomin utvecklas i en enhetlig linje med den cirkulära ekonomin så att åtgärderna för både bioekonomin och den cirkulära ekonomin förbättrar resurseffektiviteten, främjar övergången till ett koldioxidsnålt samhälle och säkerställer ekosystemtjänster samt länkar samman olika andra centrala policyer. Kaskadanvändningens effekter borde granskas mera omfattande ur perspektivet hurdana övergripande – direkta och indirekta – miljö- och ekosystemeffekter användningen har.

Nyckelord: cirkulär ekonomi, bioekonomi, biomassa, naturresurser, återanvändning, hållbar användning, styrmedel, miljöpolitik, kaskadprincip

ABSTRACT

Cascading of biomass and other policy instruments – synergies and conflicts

The cascade principle has recently been highlighted in the scientific and political debate around resource efficiency, with a particular reference to the efficient and multiple use of biomaterials. The cascade concept has also been highlighted in the EU in the policy areas of circular economy and bioeconomy, as well as the forest strategy and the indirect land use change policies (ILUC) in the renewable energy directives. In addition, the waste hierarchy that guides the European Union (EU) waste policy sets the order of preference for the different uses of materials according to the cascade principle. This study is a synthesis of the state of the cascade principle in Finnish and international scientific discussions and policies. The aim was to open up the definition of the cascade principle, to clarify the interfaces of the cascading principle with natural resource policies and ecosystem services. The analysis sought to explore the added value, synergies and possible conflicts between the cascading principle and natural resources policies in Finland. In addition, the use of the term ‘cascade’ in certain European countries was explored. The study concludes that rather than enacting binding rules for cascading it would be more relevant to align conflicting policies. Here, the cascade model can serve as a tool to identify and promote synergies between these policies. Conflicting goals and reverse impacts should be identified, to ensure coherence. In particular bioenergy and bioeconomy policies boosting biomass use, could be assessed in relation to their biodiversity and carbon balance effects, with consideration of the effects of cascade use. Another reason to apply the cascading principle is that it operationalises the goals of circular economy and development and use. This would align bioeconomy with circular economy, improving resource efficiency, promoting transition to a low-carbon society, securing ecosystem services, and linking to other key policies. The study concludes that cascade use should be evaluated comprehensively, recognizing its potential direct and indirect environmental and ecosystem impacts.

Keywords: circular economy, bioeconomy, biomass, natural resources reuse, sustainable use, policy tools, environmental policy, cascading principle

ESIPUHE

Kaskadiperiaate ja -käyttö ovat yleisiä termejä tieteellisessä ja politiikkakeskusteluissa, ja niitä käytetään muun muassa monissa Euroopan unionin politiikka-asiakirjoissa. Kaskadiperiaatteen ja -käytön määritelmät ovat edelleen osin täsmentymättömiä.

On odotettavissa, että kaskadiperiaate tulee entistä vahvemmin määrittämään politiikkoja. Siksi on tarpeen selvittää käsitteen nykytilannetta kansainvälisessä ja kotimaisessa keskustelussa. Erityisesti on tarve selvittää kaskadiperiaatteen liityntä- ja rajapintoja muihin luonnonvarapolitiikan osa-alueisiin, ja tarkastella mitä lisäarvoa, synergioita ja mahdollisia ristiriitaisuuksia niiden välillä ilmenee.

Tämä selvitys on toteutettu Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) keväällä 2017 ympäristöministeriön (YM) toimeksiannosta hankkeessa ”Biomassan kaskadiperiaate ja muut politiikkatoimet - synergia- ja ristiriidat”. Hanketta ovat rahoittaneet ympäristöministeriö ja SYKE.

Selvityksen pääkirjoittaja on tutkija Elina Raitanen. Erikoistutkija Riina Antikainen laati kansainvälisen katsauksen (luku 5) ja täydensi ja kommentoi muita osioita. Väitöskirjatutkija Topi Turunen kirjoitti luvun 4 jätelainsäädännön ja kaskadiperiaatteen yhteydestä. Tutkimusprofessori Eeva Primmer osallistui kirjoittamiseen erityisesti ekologisen kestävyuden ja ekosysteemipalveluiden osalta sekä professori Jyri Seppälä kiertotalouden ja hiilensidonta- ja ilmastovaikutusten osalta. Lisäksi raporttia ovat kommentoineet SYKEssä erikoissuunnittelija Hanna Salmenperä, kehittämisspäälikkö Jukka-Pekka Jäppinen ja erikoistutkija Sampo Soimakallio sekä Euroopan Metsäinstituutin (EFI) professori Pekka Leskinen ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkija Kati Koponen.

Hanketta valvoi YM:ssä neuvotteleva virkamies Merja Saarnilehto. Hankeryhmässä olivat myös neuvottelevat virkamiehet Marina von Weissenberg ja Maarit Loiskekoski. Heidän lisäksi ympäristöneuvos Riitta Leinen (YM) on kommentoinut raporttia.

Kirjoittajat kiittävät kaikkia selvitystä tukeneita ja sitä kommentoineita. Lisäksi kirjoittajat kiittävät YM:ä ja SYKEä hankkeen rahoituksesta.

Syyskuu 2017,

Kirjoittajat

SISÄLLYS

Extendend abstract.....	11
1 Johdanto	13
2 Kaskadiperiaate ja sen vaikutusten arviointi	14
2.1 Mitä kaskadiperiaatteella tarkoitetaan?	14
2.2 Kaskadiperiaatteen toteutumisen vaikutukset ja niiden arviointi	16
3 Kaskadi ja muut luonnonvarojen hallintaan liittyvät näkökulmat	19
3.1. Kiertotalous.....	19
3.2 Resurssitehokkuus	21
3.3 Ekologinen kestävyys	23
3.3.1 Hiilensidonta- ja ilmastovaikutukset	24
3.3.2 Muut ekosysteemipalveluvaikutukset	26
3.4 Taloudellinen kestävyys	27
3.5 Kaskadiperiaatteen ja luonnonvarojen hallintaan liittyvien näkökulmien ristiriitoja	28
4 Esimerkki kaskadiperiaatteen ilmenemisestä: Jätelainsäädäntö ja kaskadiperiaate.....	30
5 Kansainvälinen tarkastelu	32
5.1 Ruotsi.....	32
5.2 Norja	32
5.3 Itävalta	33
5.4 Flanderi (Belgia).....	33
5.5 Saksa	34
5.6 Ranska.....	35
6 Nousevia näkökulmia	37
7 Johtopäätelmiä ja suosituksia	39

Extended abstract

The cascade principle refers to efficient utilization of resources through efficient use of biomaterials, aiming to generate the highest value added from biomass and promoting reuse of materials before their final use for energy production. The cascading principle has recently been highlighted in the scientific and political debates around resource efficiency, and in particular on the use of biomaterials. The cascade concept has been highlighted in the EU through the policies on circular economy and bioeconomy as well as the in the Forest Strategy and the energy directives with impacts on indirect land use change Directive (ILUC). In addition, the waste hierarchy guiding the European Union (EU) waste policy sets the order of preference according to the cascade principle for the different uses of materials.

This study is a synthesis on the state of the cascade principle in Finnish and international discussions. The analysis sought to explore the added value, synergies and possible conflicts between the cascading principle and natural resources policies in Finland. In addition, the use of the term 'cascade' in certain European countries was explored. The study was conducted at the Finnish Environment Institute under the assignment of the Ministry of the Environment of Finland. The full report is in Finnish.

The cascading principle is central to many of the natural resource policies. Even though the principle has several definitions and its practical application remains fragmented, the concept is expected to be increasingly applied in Finland. This is anticipated by the EU's future policies. The concept is also already presented in many European countries' policy documents, although in varying meanings and contexts. In many countries, the cascade principle occurs mostly in connection with the prioritizing of food production over other uses of biomass, whereas in Finland it is mainly related to the use of forest biomass. In this report the cascade policies of Sweden, Norway, Austria, Flanders (Belgium), Germany and France are explored. The bio-economy and circular economy strategies of these countries were studied, and also their climate and forestry strategies were considered.

The review of scientific literature and policies shows that strengthening the use of natural resources is clearly one of the key ways of reducing the adverse environmental effects of the use and processing of natural resources and managing scarce natural resources in the future. Resource efficiency has also been seen as an important competitive factor in industrial activity. However, for the time being, the cascade principle and practice is not fully established and determining the benefits of cascading is still difficult in both theory and practice.

Choosing the highest possible value option depends on, for example, whether the matter is considered from a private or point of view or societally – or whether the evaluation considers an individual impact category - or overall sustainability. The cascade principle is related to several other principles, such as waste hierarchy and circular economy. Recently, cascading has also been raised as an independent goal that could be governed through legislation. In general, the cascade principle encourages efficient resource use by promoting the reuse of biomaterials and maximizing the value added as well as material utilization before energy use. Operationally, the cascade principle is used to assess the use of exploited biomass, although prior to removal from ecosystems, biomass produces different values through for example carbon sequestration, biodiversity maintenance and socio-cultural values such as landscape and recreational values.

The cascading principle applies in particular to the utilization order of biomasses. It is also expected to lead to positive ecosystem, environmental and socio-economic impacts. Consequently, environmental, natural and greenhouse gas targets are central to many policy programs that promote or make use of the cascade principle. Therefore, it is also justified to look at cascading in a wider context: the assessment and planning of the sustainability of resource use. The report reviews the interfaces, synergies and conflicts of certain policy programs and the views expressed in the literature with respect to the cascading principle.

Cascade use of biological materials is an essential part of the circular economy. Cascading the renewable resources together with a number of reuse and recycling cycles is clearly promoted. Additionally, attention should be paid to the environmental impacts of biomass production, removal, procurement and resource efficiency. The analysis shows that policies are not fully coherent regarding their sustainability assessments and their considerations of the different phases of biomass use. The most significant possibilities for improving cascade utilization are related to cascade utilization of side streams. The cascade use of biomass can improve ecological sustainability if the life cycle emissions are reduced and the total resource use is decreased. Cascading can also reduce carbon dioxide and other greenhouse gas emissions into the atmosphere. However, sustainable use of biomass requires the consideration of several perspectives. Cascading will directly affect the production of ecosystem services by reducing the need to remove biomass. Cascade use has also favorable indirect effects on ecosystems.

Cascading can boost bio-based economy processes and innovations. Effective utilization of waste has many positive effects. Firstly, if waste is used as a raw material for new products, its life cycle lengthens and the need for disposal is postponed. In addition, when virgin material is replaced by waste, the environmental impacts of raw material extraction, which are significant for instance in mining, are reduced. Often, by using waste-based materials, we can also bypass some stages of production and, for example, achieve significant energy savings.

The effects of cascade use should be evaluated holistically, considering the direct and indirect environmental and ecosystem impacts. Key considerations include carbon sequestration in forests, health and environmental risks caused by chemicals and harmful substances in recycled materials, as well as the value of ecosystems and intangible ecosystem services. Cascade use saves resources and nature and provides an approach to link and align conflicting goals between different sectoral policies. The cascade principle also provides an approach to identify, link and mitigate contradictory goals between different sectoral policies. By evaluating the different uses of materials and their effects on production chains, the potential conflicts in sectoral policies can be found. On the other hand, the use that leads to the highest added value depends on the perspective of the scrutiny. In addition to economic value, environmental impacts and ecosystem effects should be evaluated. Cascade use of biomass improves the sustainability of ecosystems and promotes the production of other ecosystem services, such as nature tourism and carbon stocks.

At best, evaluations can lead to the revision of the goals to be more sustainable and coherent. The cascade model can serve as a tool to identify and optimize synergies between different natural resource policies. The study concludes that rather than enacting binding rules for cascading it would be more useful to set the conflicting policies in line with each other to increase policy coherence. Here, the cascade model can serve as a tool to identify - and promote synergies between these policies. The principle of cascade use should be included in assessments and strategies on bioeconomy also to secure sustainable development and sustainable use. At the same time, bio-economy should be more closely aligned with circular economy so that both policies improve resource efficiency, promote transition to a low-carbon society and secure ecosystem services.

1 Johdanto

Luonnonvarojen käytön tehostaminen on yksi keskeinen keino vähentää luonnonvarojen käytöstä ja jalostuksesta aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia sekä hallita niukkenevia luonnonvaroja tulevaisuudessa. Resurssitehokkuus on nähty myös tärkeänä teollisen toiminnan kilpailutekijänä¹.

Resurssitehokkuuden ympärillä käydyssä tieteellisessä ja poliittisessa keskustelussa on viime aikoina ollut esillä **kaskadiperiaate, jolla tavoitellaan etenkin biomateriaalien tehokasta ja kertautuvaa käyttöä**. Esimerkiksi Euroopan Unionin (EU) jätepolitiikkaa ohjaava jätehierarkia asettaa kaskadiperiaatteen mukaisen etusijajärjestyksen materiaalien eri käyttömuodoille. Kaskadikäsite on ollut EU:ssa esillä myös kiertotaloutta ja biotaloutta koskevissa politiikka-aloitteissa sekä metsästrategiassa ja epäsuoria maankäyttövaikutuksia käsittelevässä uusiutuvan energian direktiivissä.

Tämä selvitys on synteesi kaskadiperiaatteen nykytilanteesta kansainvälisessä ja kotimaisessa keskustelussa. Tarkoituksena oli avata kaskadiperiaatteen määritelmää, selvittää kaskadiperiaatteen liityntä- ja rajapintoja luonnonvarapolitiikan eri osa-alueisiin sekä tarkastella erityisesti Suomen näkökulmasta, mitä lisäarvoa, synergioita ja mahdollisia ristiriitaisuuksia kaskadiperiaatteen ja muiden luonnonvarapolitiikkojen välillä ilmenee.

Selvitys pyrkii vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Miten eri politiikkasektorit määrittelevät ja hyödyntävät kaskadiperiaatetta?
- Tuovatko kaskadiperiaatteen sisältö ja periaatteen käyttö uutta lisäarvoa tai ristiriitaa verrattuna muihin kestävyystavoitteisiin, kuten vähähiilisyys, resurssitehokkuus, elinkaarinäkökulma, ekologinen ja taloudellinen kestävyys?
- Mitä erityistä vaikutusta tai liittymäkohtia kaskadiperiaatteella on Suomeen?
- Mitkä asiat ovat Suomen kannalta olennaisia EU:n kaskadihjeistuksen laatimisen näkökulmasta?

Tarkasteltuja politiikkakokonaisuuksia ovat mm. kestävä biotalous, kiertotalous ja jätepolitiikka, metsästrategia sekä epäsuorasti myös ekosysteemien kestävyys ja ekosysteemipalveluiden tuotanto.

Selvitys toteutettiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) keväällä 2017 etupäässä kirjallisuusselvityksenä ja politiikkadokumenttien analyysinä. Politiikkadokumenteista analysoitiin seuraavia: EU:n kiertotalouspaketti ja biotalousstrategia, sekä biomassan kestävyyskriteerit ja epäsuoria maankäyttövaikutuksia (ILUC) koskeva uusiutuvan energian direktiivi, Eurooppa 2020 -strategia, EU:n resurssitehokkuustiekartta, jätedirektiivi ja -laki, pääministeri Sipilän hallitusohjelma (kärkihankkeet), Tiekartta kiertotalouteen (Sitra), kansallinen ilmasto- ja energiastrategia, kansallinen biotalousstrategia, kansallinen metsästrategia, ja kansallinen biodiversiteettistrategia.

Lisäksi kartoitettiin kaskaditermin käyttöä eräiden Euroopan maiden politiikoissa. Tätä varten tarkasteltiin sellaisia strategioita, joissa on kytkentöjä kaskadiperiaatteeseen, kuten biotalous- ja kiertotalousstrategioita.

Aineistoa täydennettiin suomalaisten ja eurooppalaisten asiantuntijoiden ja tutkijoiden avulla. Heiltä pyydettiin kasvotusten, puhelimitse ja sähköpostitse lisätietoja ja -materiaaleja, joiden perusteella täydennettiin katsausta ajankohtaisiin kaskadiperiaatteen käynnissä oleviin toimiin ja rajapintoihin suhteessa muihin politiikka-alueisiin.

¹ EC 2011a.

2 Kaskadiperiaate ja sen vaikutusten arviointi

Kaskadiperiaate tarkoittaa resurssien tehokasta hyödyntämistä edistämällä biomateriaalien kertautuvaa käyttöä ja mahdollisimman korkeaa arvonnisää sekä materiaalien hyödyntämistä ennen energiakäyttöä. Toistaiseksi kaskadiperiaatteelle ja -käytölle ei ole täysin vakiintunutta määritelmää. Kaskadikäytön hyötyjen määrittäminen on edelleen vaikeaa sekä teoriassa että käytännössä. Mahdollisimman korkean arvonnisan vaihtoehdon valinta riippuu muun muassa siitä, tarkastellaanko asiaa yksityistaloudellisesta vai yhteiskunnallisesta näkökulmasta tai jonkin yksittäisen vaikutusluokan tai kokonaiskestävyyden näkökulmasta. Kaskadiperiaatteella on useita läheisiä periaatteita, kuten jätehierarkia sekä kiertotalous. Viime aikoina kaskadikäyttö on nostettu myös itsenäiseksi tavoitteeksi, jota voitaisiin ohjata lainsäädännöllä.

2.1 Mitä kaskadiperiaatteella tarkoitetaan?

Kaskadikäytön periaate on herättänyt vuosien saatossa paljon keskustelua², mutta toistaiseksi sille ei ole täysin vakiintunutta määritelmää tieteellisessä kirjallisuudessa. Myös eri maiden politiikka-asiakirjoissa, kuten biotalousstrategioissa, ilmenee moninaisuutta kaskadiperiaatteen ja -käytön käsitteiden käytössä ja merkityksessä (Luku 5).

Yleisellä tasolla voidaan sanoa, että **kaskadiperiaatteella tarkoitetaan** resurssien tehokasta hyödyntämistä edistämällä biomateriaalien kertautuvaa käyttöä ja mahdollisimman korkeaa arvonnisää sekä materiaalihyödyntämistä ennen energiakäyttöä.

Kaskadiperiaatteella ja jätehierarkialla on samankaltaisuutta. Pyrkimyksenä on materiaalien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen - toisen jäte on toisen raaka-aine. Tavoitteena on vähentää neitseellisten luonnonvarojen panoksia yhteiskunnassa ja samalla kasvattaa etenkin biopohjaisten materiaalien arvoa sekä vähentää biomassan käytöstä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Yleisesti ottaen kaskadikäytöstä voidaan puhua osana materiaalinuukkaa ja suljetun materiaalikierron strategiaa, josta kestävyystutkimuksen puitteissa on käyty runsasta keskustelua. Uusiutuvien luonnonvarojen tehokas ja monipuolinen hyödyntäminen ennen energiakäyttöä on myös yksi keskeinen yleinen biologisten resurssien kestävää käyttöä ohjaava periaate³ ja se on sisällytetty osaksi kiertotaloutta⁴.

Kaskadiperiaatteella tavoitellaan **biomassan elinkaarisen resurssitehokkuuden parantamista ja ympäristövaikutusten pienentämistä**. Kirjallisuudessa esitettyjen kaskadimääritelmien yksityiskohdissa on eroavaisuuksia muun muassa sen suhteen, montako käyttökertaa biomassalla tulee olla ja missä vaiheessa energiahyödyntäminen voi tapahtua, jotta se lasketaan kaskadikäyttöön mukaan⁵. Yleistäen voidaan sanoa, että kaskadiperiaatteen mukaisesti biomassaa käytetään ensin materiaalina ja kierrätetään mahdollisimman pitkään, hyödyntäen se jokaisessa vaiheessa mahdollisimman korkean arvon kohteessa. Puuraaka-aine tai muu biomassa käytetään moninkertaisesti, ja tähteet sekä tuotannosta että kulutuk-

² Sirkin & ten Houten 1994; Fraanje 1997; Lafleur & Fraanje 1997; Haberl & Geissler 2000; Goverse ym. 2001; Sathre & Gustavsson 2006; Werner ym. 2007; Gärtner ym. 2012.

³ Teuber ym. 2016.

⁴ Ellen MacArthur Foundation 2012.

⁵ Koistinen 2016.

sesta peräisin olevat kierrätetyt materiaalit hyödynnetään. Energiana biomassa hyödynnetään vasta siinä vaiheessa, kun materiaalihyödyntäminen ei ole mahdollista^{6,7,8,9,10}.

Kaskadiperiaatteeseen voidaan liittää ympäristövaikutusten pienentämisen lisäksi **sosioekonomisen hyödyn maksimointi**, jota voidaan edistää tehokkaalla ja optimoidulla, kaskadiperiaatteen mukaisella biomassan käytöllä ja energiaa säästämällä¹¹. Sosioekonomiset näkökulmat voivat liittyä esimerkiksi laajamittaisen biomassan käytön aiheuttamiin maankäytön kestävyyshaasteisiin. Lisäksi biomassan käyttökohteet, kuten materiaali- ja energiakäyttö, voivat olla taloudellisesta näkökulmasta kilpailevia keskenään. Tällöin kaskadi viittaa (taloudellisen) lisäarvon tuottoon, kuten pohjoismaisia biotalouden hyviä esimerkkejä esittelevässä raportissa¹². Tämä tarkoittaa sitä, että korkean lisäarvon tuotteet kuten lääkkeet ja terveysvalmisteet ovat kaskadipyramidissa korkealla, ja näin ollen ensisijaisia käyttökohteita, kun taas esimerkiksi tähdebiomassan käyttö alhaisen lisäarvon energiana, sähkönä ja lämpönä on kaskadin pohjalla.

Lähtökohtaisesti kaskadiperiaatetta käytetään **käyttöön otetun biomassan** tarkasteluun, vaikka ekosysteemeissä biomassalla on erilaisia arvoja, kuten hiilensitojana ja -nieluna, biodiversiteetin ylläpitäjänä sekä sosio-ekonomisia arvoja, kuten maisema- ja virkistysarvoja.

Kaskadikäytössä toteutuu ”peräkkäiskäytön” periaate biologisten materiaali- ja energiavirtojen optimoimiseksi¹³ (Kuva 1). **Materiaalit voidaan hyödyntää joko nykyisellä käytettävällä tai jollain muulla tavalla.** Kaskadikäyttö pyrkii myös hyödyntämään materiaalien kaikkia komponentteja, kuten erilaisia kemiallisia ainesosia, ennen kuin jäljelle jäävää materiaalia käytetään energian tuottamiseen elinkaarensa lopussa. Yksi esimerkki on lignoselluloosan käyttö; materiaalin - kuten pahvin - käyttöä voi seurata kierrätys ja kemikaalikäyttö massa- ja paperiteollisuudessa. Jäljelle jäävät kuidut voidaan lopuksi polttaa ja hyödyntää energiana. Lisäksi sivuvirtojen¹⁴ materiaalihyödyntäminen voidaan katsoa kuuluvan kaskadikäyttöön ja se on tärkeä keino resurssitehokkuuden parantamiseksi. Sivuvirroista saadaan toissijaisia tuotteita, jotka ovat peräisin valmistusprosessista ja jotka ovat arvoltaan vähäisempiä itse päätuotteeseen verrattuna. Sahateollisuuden sivuvirtoja, kuten sahanpurua, voidaan käyttää lastulevyjen ja puupellettien valmistuksen lisäksi myös uusien, innovatiivisten materiaalien, kuten puupolymerikomposiittien (WPC) valmistukseen. Sivuvirtojen lisääntyvä käyttö voi parantaa resurssitehokkuutta.¹⁵ Kunkin prosessin lopuksi jäljelle jäävän materiaalin tulisi ohjautua sellaiseen jatkokäyttöön, jossa hyödylliset ainesosat saadaan hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Esimerkiksi lietteet, lanta ja biojätteet voidaan ohjata biokaasun tuotantoon, jonka yhteydessä ravinteet erotellaan uudelleen hyötykäyttöön. Näin neitseellisten luonnonvarojen sisäänottoa järjestelmään voidaan vähentää.¹⁶

⁶ Essel ym. 2014; Carus ym. 2014.

⁷ Keegan ym. 2013.

⁸ Fritsche & Iriarte 2014.

⁹ Olsson 2017.

¹⁰ Mantau 2012.

¹¹ Haberl & Geissler 2000.

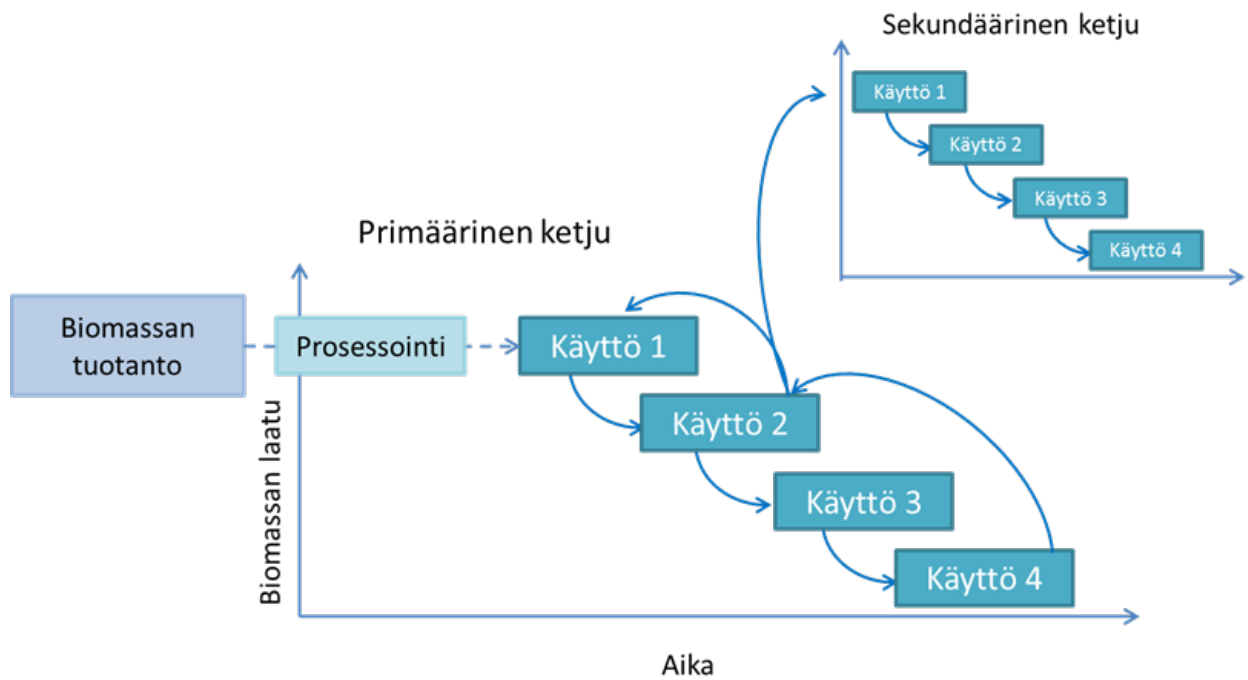
¹² Nordic Council of Ministers 2017.

¹³ Sirkin & ten Houten 1994.

¹⁴ Erotuksena jätepuitedirektiivin 5 artiklan ja jätelain 5.2 §:n sivutuotteen käsitteeseen, tässä raportissa puhutaan yleisemmin ’sivuvirroista’.

¹⁵ Geldermann ym. 2016.

¹⁶ Seppälä ym. 2016.



Kuva 1. Biomassan kaskadikäytön periaate¹⁷.

Jotta kaskadikäytöstä saataisiin mahdollisimman paljon hyötyä, **resursseja tulisi käyttää mahdollisimman laadukkaaseen tarkoitukseen**¹⁸. Esimerkiksi rakennussektorilta peräisin olevat suuret, saastumattomat kierrätyspuumassat, kuten kiinteät palkit, tulisi ensisijaisesti jatkohyödyntää pienempänä puutavarana, kuten lamelleina. Nämä taas voidaan edelleen hyödyntää pilkottuna seuraavissa kaskadiportaissa kuitulevyinä ja esim. vihreän kemian tuotteina ennen päätymistään energian tuotantoon. Joskus sivuvirroille voi löytyä myös korkean arvonlisän käyttömuotoja mm. kemian- ja lääketieteellisuuden alalla.

2.2 Kaskadiperiaatteen toteutumisen vaikutukset ja niiden arviointi

Lisääntyvälle kaskadikäytölle ja sivuvirtojen hyödyntämiselle on yritysten toiminnassa useita syitä. Esimerkiksi kilpailu maatalous- tai metsätaloustuotteiden käyttäjien ja energiasektorin välillä on kasvanut merkittävästi. Tämä kasvu on lisännyt painetta eri sektorien yrityksille etsiä vaihtoehtoisia materiaaleja ja prosesseja. Samalla sekä julkishallinto että kansalaisjärjestöt ovat tiukentaneet vaatimuksia tehokkaammasta ja kestävämmästä resurssien käytöstä.

Kaskadikäytön ympäristö- ja muiden vaikutusten määrittäminen on vaikeaa sekä teoriassa että käytännössä. Haasteet ovat elinkaari- ja kestävyysvaikutusten arvioinnille tyypillisiä, ja niitä ovat muun muassa tarkasteltavien vaikutusluokkien ja substituutioprosessin valinta, systeimirajaus, biogeenisen hiilidioksidin laskenta ja resurssitehokkuuden mittaaminen¹⁹ sekä se, mistä näkökulmasta arvomuodostusta tarkastellaan.

¹⁷ perustuen Olssoniniin 2017 ja Odegardiin ym. 2012.

¹⁸ Fraanje 1997; Haberl & Geissler 2000.

¹⁹ Thonemann & Schumann 2017.

Haasteita nousee myös siitä, että uusia tuotteita kehitetään koko ajan, jolloin vaikea seurata sitä, mikä on kokonaisuuden kannalta parasta ja tuottaa suurimman arvonlisän. Kaskadikäyttöä optimoitaessa on myös samanaikaisesti otettava huomioon suuri määrä toimijoita, joilla on erilaiset tavoitteet ja tiedon tarve. Teollisuuden on lisäksi opittava hyödyntämään yhtenäisempiä liiketoimintaekosysteemejä ja uusia globaaleja arvoketjuja ja uusiutuvia luonnonvaroja²⁰. Tällainen monen toimijan huomioiva päätöksenteko epävarman tiedon valossa on kysymys, joka edellyttää lisää tutkimusta²¹.

Kaskadiperiaatteen toteutumisen vaikutukset riippuvat myös muun muassa siitä, **tarkastellaanko asiaa yksittäisen yrityksen tai yhteiskunnan kannalta**. Onko puutähteiden ohjaaminen energiakäyttöön metsäteollisuusintegraatissa kaskadikäyttöä, jos yrityksen taloudellisella optimointilaskelmalla voidaan tämä osoittaa kannattavaksi? Yritykset ovat perinteisesti joutuneet tekemään kaskadikäyttöön liittyviä ratkaisuja siitä, käytetäänkö puuraaka-aine polttoon tai ei. Mantau (2012)²² on esittänyt, että kaskadikäyttöön kuuluu myös teollisuuden tähteiden suora energiakäyttö. Tällöin ei kuitenkaan toteudu optimaalisella tavalla kaskadikäytön luonnonvarojen säästeliääseen käyttöön liittyvä ympäristövaikutusten vähentäminen. Yhteiskunnallisessa kestävässä kehityksen mukaisessa politiikkakehyksessä puutuotteiden valmistuksen sivujakeiden poltto ei välttämättä ole kaskadikäyttöä aina silloin kun yrityksen taloudellinen optimointi sitä edellyttää.

Suomessa yksi keskeinen biomassaresurssi on metsien hakkuutähteet. Niiden käyttökohteen valinta ilmentää hyvin **biomassan hyödyntämiseen liittyviä priorisointivalintoja muun muassa ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutusten osalta**. Hakkuutähteitä voidaan hyödyntää suoraan energiana tai jättää ne luontoon keräämättöminä. Hakkuissa syntyvät oksat ja pienirunkoiset harvennuspuut hajoavat luonnossa nopeasti, minkä takia niiden energiakäyttö on perusteltua ilmastosyistä sen sijaan, että ne jäisivät käyttämättöminä maatumään luontoon. Niiden polttamisesta saadaan jo muutaman kymmenen vuoden aikana ilmastohyötyjä, jos niiden avulla valmistetulla energialla pystytään korvaamaan fossiililla polttoaineilla valmistettua energiaa²³. Sen sijaan kannot ja järeän runkopuun osat hajoavat luonnossa hitaasti, ja niiden polttamisella saavutetaan ilmastohyötyjä vasta pitkällä aikavälillä (eli niiden energiakäyttö nostaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta fossiilisiin polttoaineisiin nähden vielä 50-100 vuodeksi eteenpäin), minkä takia niiden energiakäyttö nykyisessä ilmastomuutoksen etenemistilanteessa on kyseenalaistettu²⁴. Lisäksi kantojen ja järeän puuaineksen säilyttämisellä on tärkeä merkitys metsien monimuotoisuudelle, koska ne ylläpitävät lahopuujatkumoa, josta lukuisat metsälajit ovat riippuvaisia²⁵. Myös oksat, neulaset, pienet rungot ja kannot luovuttavat hajotessaan takaisin ravinteensa uudelle kasvustolle, minkä takia niiden liiallinen poistaminen heikentää metsämaan ravinnetasetta²⁶. Kaskadiperiaatteen kannalta yksi olennainen kysymys hakkuutähteiden osalta on se, voitaisiinko niitä hyödyntää polttamisen sijaan jalostettavana materiaalina.

Kaskadikäytön **vaikutuksia tulisi tarkastella elinkaariajattelun pohjalta ja ottaen huomioon tavoitellut eri näkökulmat sekä ympäristö- että sosioekonomissa vaikutuksissa**. Kaskadiperiaatteen noudattamisen ei tulisi johtaa tilanteeseen, jossa jonkin lisäarvon saavuttamiseksi aiheutetaan kestävätkä vaikutuksia jossain toisessa vaikutusluokassa. Esimerkiksi kierrätyksen tehostamisen ei tulisi johtaa energian tuhlaamiseen ja tätä kautta päästöjen lisääntymiseen. Kaskadiperiaatteella tavoiteltujen ympäristöhyötyjen toteutumisesta on toistaiseksi melko vähän tutkimuksia. Varsinkin kattavat ja laajat tarkastelut eri ympäristövaikutuksista, erityisesti kaskadiperiaatteen ytimessä olevasta resurssitehokkuudesta, puuttuvat²⁷. Tarkastelun aikajänne vaikuttaa myös arvioinnin tuloksiin. Esimerkiksi Bais-Moleman ym. (2017) havaitsivat elinkaaritarkasteluun pohjautuvassa skenaariotutkimuksessa, että puu-

²⁰ Kircher 2012.

²¹ Ehrgott ym. 2014; Ide & Schöbel 2015.

²² Mantau 2012.

²³ Ilmastopaneeli 2015.

²⁴ Ilmastopaneeli 2015.

²⁵ Siitonen 2011.

²⁶ Tamminen ym. 2012.

²⁷ Thonemann & Schumann 2017.

biomassan kaskadikäyttö näyttäisi pitkällä tähtäimellä tuottavan sekä resurssitehokkuus- että ilmasto-hyötyjä, mutta lyhyehköllä aikavälillä (2020-2030) saattaa muodostua ristiriitaisuuksia resurssitehokkuuden parantamisen ja kasvihuonekaasupäästöjen välille, kun kierrätysmateriaalien käytön lisääntyessä tuotteisiin sitoutuva hiili vähenee. Mikäli halutaan ottaa huomioon myös sosioekonominen näkökulma korkeimman lisäarvon muodostumisessa, parhaimman vaihtoehdon löytyminen saattaa edelleen vaikeutua. Esimerkiksi Suomessa Pohjois-Karjalan alueella nk. TOSIA-mallilla tehdyssä tapaustarkastelussa suurimmat erot neljän pieniläpimittaisen puun hyödyntämisketjuissa muodostuivat taloudellisen arvon indikaattoreissa ja osoittivat, että kaskadin eli käytännössä materiaalin hyödyntämisketjun kasvattamisen hyödyt verrattuna suoraan energiakäyttöön eivät aina ole suoraviivaiset²⁸.

Yksi tapa mitata kaskadikäyttöä on kaskadikerroin (Cascade factor), joka kertoo, kuinka paljon tuotetta on valmistettu puuraaka-aineyksikköä kohti²⁹. Uudelleenkäyttö ja raaka-aineiden kierrätys kasvattavat kerrointa. EU:n kaskadikertoimeksi on laskettu 1,57, mikä tarkoittaa sitä, että puuraaka-ainetta käytetään keskimäärin hieman yli 1,5 kertaa. Suomen puun käytön kaskadikerroin (1,56) on hyvin lähellä EU:n arvoa³⁰.

²⁸ Koistinen 2016.

²⁹ Mantau 2012.

³⁰ Sokka ym. 2015.

3 Kaskadi ja muut luonnonvarojen hallintaan liittyvät näkökulmat

Kaskadiperiaate koskee erityisesti biomassojen käyttöjärjestystä. Sillä myös odotetaan saavutettavan myönteisiä ekosysteemi-, ympäristö- ja sosioekonomisia vaikutuksia. Tämän takia ympäristö-, luonto- ja kasvihuonekaasutavoitteet sisältyvät keskeisesti moniin kaskadiperiaatetta edistäviin tai hyödyntäviin politiikkaohjelmiin³¹. Siksi on perusteltua tarkastella kaskadi-käyttöä myös laajemmassa yhteydessä: luonnonvarojen käytön kestävyysarvioinnissa ja suunnittelussa. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti eräiden luonnonvarojen hallintaan liittyvien politiikkaohjelmien ja kirjallisuudessa esitettyjen näkökulmien yhtymäkohtia, rajapintoja, synergioita ja ristiriitoja suhteessa kaskadiperiaatteeseen.

3.1 Kiertotalous

Biologisten materiaalien kaskadikäyttö on olennainen osa kiertotalousmallia. Kiertotaloudessa olisi tarvittaessa edistettävä uusiutuvien resurssien kaskadikäyttöä yhdessä useiden uudelleenikäyttö- ja kierrätys syklien kanssa.

Kiertotaloudella viitataan talousjärjestelmään, jossa raaka-aineet ja tuotteet käytetään uudelleen mahdollisimman kauan siten, että niiden arvo säilyy mahdollisimman pitkään^{32,33}. **Biologisten materiaalien kaskadiperiaate on osa kiertotaloutta**, joka näkyy Ellen MacArthur säätiön kiertotalouden peruspiirteitä esittävässä kaaviossa (Kuva 2). Tässä pelkistetyssä kaaviossa on eroteltu biologiset ja tekniset materiaalit toisistaan, koska näillä on erilaiset materiaalikierrot ja keinot niiden pitämiseksi talousjärjestelmässä mahdollisimman pitkään eroavat. Tekniset materiaalit ovat ihmisten valmistamia (etenkin uusiutumattomista, mutta myös uusiutuvista materiaaleista).

Kiertotalousmallin ajatuksena on, että materiaalihukkaa vähennetään parhaiten silloin, kun käyttäjän ja kuluttajan materiaalikierrot pidetään mahdollisimman lähellä heitä. Näin ollen kuvan 2 kierroista suositeltavimpia vaihtoehtoja ovat sisemmät kierrot, eli käyttö toisella tavalla, säilyttäminen ja ylläpito sekä uudelleenikäyttö tai jälleenmyynti. Kierrojen prioriteetti puolestaan vähenee, kun mennään kierrojen kehässä ulospäin. Siten kierrätys materiaaliksi tai komponentiksi on vähiten toivottu vaihtoehto teknisten materiaalien kierroista. Tähän prioriteettiasetelmaan löytyy selkeä syy. Ulospäin mentäessä materiaalikierrojen vaatimat energiapanokset kasvavat.

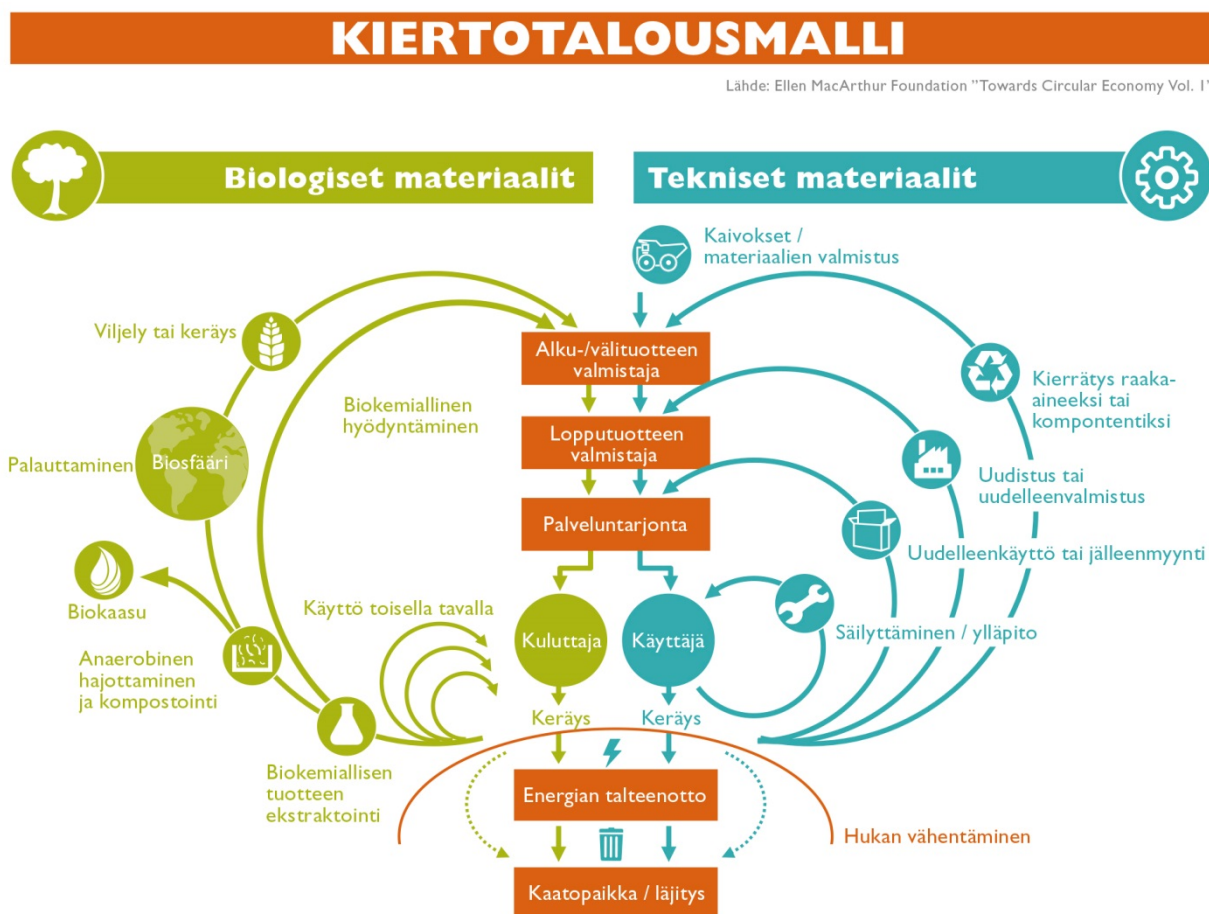
Biologisten materiaalien kaskadikäyttö on materiaalien käyttöä yhä uudestaan tavalla, joka voi poiketa edellisestä käyttötavasta. Kaatopaikalle tai polttoon päätyvät materiaalivirrat ovat poissa materiaalikierrosta ja tätä hukkaa tulisi mahdollisimman paljon välttää. Myös biologiset raaka-aineet tulisi polton sijasta ensisijaisesti kohdentaa materiaalikäyttöön. Kiertotalous onkin enemmän kuin mate-

³¹ EC 2012a, 2013, 2014; European Parliament 2013

³² McDonough & Braungart 2002.

³³ Ellen McArthur Foundation 2012.

riaalien tehokasta käyttämistä ja kierrättämistä. "Se on toimintamalli, jossa pyritään resurssien arvon säilyttämiseen ja nostamiseen. Se ei ole reaaliataloudesta erillistä toimintaa."³⁴



Kuva 2. Kiertotalousmalli ja kaskadikäyttö Ellen MacArthur -säätön mukaan³⁵. Englanninkielisessä alkuperäistekstissä on "Cascades" suomennoksen kohdassa "käyttö toisella tavalla".

EU on tarttunut kiertotalouden haasteeseen. Euroopan komissio hyväksyi joulukuussa 2015 kiertotalouspaketin³⁶. Sen avulla edistetään uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja kestäviä toimia keskeisillä aloilla. Pakettiin kuuluvan toimintasuunnitelman mukaan **kiertotaloudessa olisi tarvittaessa edistettävä uusiutuvien resurssien kaskadikäyttöä yhdessä useiden uudelleenkäyttö- ja kierrätysyysklien kanssa**. Biopohjaisia materiaaleja, kuten puuta, voidaan käyttää monilla tavoin, ja sitä voidaan käyttää uudestaan ja kierrättää moneen kertaan. Tämä voidaan yhdistää jätehierarkian soveltamiseen sekä yleisemmin vaihtoehtoihin, joista saadaan parhaimmat yleiset tulokset ympäristön kannalta. EU:n laajuisesti käytössä olevilla tuottajavastuujärjestelmillä on jo saavutettu positiivisia vaikutuksia. Komissio pyrkii edelleen yksilöimään ja jakamaan parhaita käytäntöjä tällä alalla ja edistämään innovaatioita. Tarkistetut EU:n jäte-ehdotukset sisältävät myös pakollisen EU:n laajuisen tavoitteen puisten pakkauksien kierrätyksestä. Lisäksi komissio edistää synergioita kiertotalouden kanssa tarkastellessaan bioenergian kestävyyttä energiaunionissa.

³⁴ Tekniikka & Talous 2017.

³⁵ Ellen MacArthur Foundation 2012

³⁶ EC 2015a.

EU:n kiertotalouspaketin lanseeraamisen jälkeen kiertotalous on noussut poliittiseen ja julkiseen keskusteluun ja monien toimenpiteiden kohteeksi myös Suomessa. Pääministeri Sipilän hallitusohjelmassa on asetettu 10 vuoden strateginen tavoite, että Suomi on bio- ja kiertotalouden sekä cleantechin edelläkävijä³⁷. Kiertotalouden mahdollisuuksia hyödynnetään muun muassa ravinteiden kierrätyksen kehittämisessä. Kiertotalouden edistämiseksi hallitus laatii yhteistyössä Sitran kanssa toimenpideohjelman, joka pohjautuu aiemmin julkaistuun kiertotalouden tiekarttaan³⁸. Vaikka tämä Sitran johdolla vuonna 2016 valmisteltu Kiertotalouden tiekartta Suomelle ei ole hallinnollisesti sitova asiakirja, se asettaa monia resurssien kestävä käytön kehittämisen ja kaskadiperiaatteen edistämisen kannalta keskeisiä suuntaviivoja ja listaa käytännön toimenpiteitä näiden toteuttamiseksi.³⁹ Kaskadikäyttöä ei erikseen nosteta esiin, mutta tiekartta pyrkii edistämään sekundääristen raaka-aineiden, kuten teollisten biosivuvirtojen, hyödyntämistä mahdollisimman tehokkaasti ja innovatiivisia ratkaisuja hyödyntäen. Tiekartan avulla pyritään kehittämään teollisuuden, lupaviranomaisten ja asiantuntijoiden yhteistyötä. Sekundääristen materiaalien ja sivuvirtojen käyttöä pyritään edistämään myös julkisten hankintojen, julkisen infrastruktuurirakentamisen ja ympäristövaikutusten arviointi- ja ympäristölupamenettelyprosessin kautta ja huomioon ottamalla elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset suunnittelussa.

Tuote- ja laatuvaatimuksista ei voida tinkiä kiertotaloustuotteissakaan. Ekosuunnittelulla tuetaan kiertotalouden ratkaisuja sekä vähähiiliseen ja nollajätteiseen kiertoon siirtymistä. Euroopan komissio pyrkii jalkauttamaan tätä kehitystä julkisten rakennushankintojen ohjeistuksilla (Green Public Procurement). EU:n kiertotalouspaketin liitteessä mainitaan, että komissio tulee vuosina 2018-19 antamaan ohjeet biomassan kaskadikäytöstä, levittämään tietoa parhaista käytännöistä ja tukemaan tähän liittyviä innovaatioita Horisontti 2020 -rahoitusohjelman avulla.

3.2 Resurssitehokkuus

Biologisten resurssien käyttö edellyttää, että niiden elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kestävä hankintaan sekä resurssitehokkuuden parantamiseen kiinnitetään huomiota. Merkittävimmät mahdollisuudet kaskadikäytön parantamiseksi liittyvät sivuvirtojen kaskadihyödyntämiseen.

Resurssitehokkuus tarkoittaa enemmän tuottamista vähemmällä, ts. suuremman lisäarvon tuottamista vähemmällä panoksilla. Resurssitehokkuus ilmenee sekä EU:n että Suomen monissa politiikoissa. Resurssitehokkuus on kaskadiperiaatteelle ja -käytölle läheinen, sillä esimerkiksi kierrätys ja materiaalitehokkuuden edistäminen ovat keskeisiä toimia myös resurssitehokkuudessa.

EU:n kasvustrategian 2020 yleisenä tavoitteena on kilpailukyvyn parantamisen ohella **kytkeä talouskasvu irti ympäristövaikutuksista ja resurssien käytöstä**. EU 2020 -strategia ja sen lippulaivahanke ”Resurssitehokas Eurooppa”⁴⁰ käynnistivät EU:n matkan kohti tarvittavaa perusteellista muutosta. Lippulaivahankkeen mukaan tarvitaan etenemissuunnitelma ”määrittämään keskipitkän ja pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot saavuttaa ne”. Etenemissuunnitelma ohjaa kohti kestävämpää taloutta poliittisilla aloitteilla, joilla pyritään vauhdittamaan innovointia lyhyen ja pitkän aikavälin taloudellisten ja ympäristöön liittyvien etujen saavuttamiseksi.⁴¹ EU:n biodiversiteettistrategiassa todetaan, että EU:n ekologinen jalanjälki on tällä hetkellä kaksinkertainen verrattuna yhteisön biologiseen kapasiteettiin. Suojelemalla ja parantamalla EU:n luonnonvaroja ja käyttämällä niitä kestävästi voidaan lisätä EU:n talouden resurssitehokkuutta ja vähentää yhteisön riippuvuutta EU:n ulkopuolisista luonnonvaroista.⁴²

³⁷ Valtioneuvoston kanslia 2015.

³⁸ Valtioneuvoston kanslia 2017.

³⁹ Sitra 2016.

⁴⁰ EC 2011b.

⁴¹ EC 2011a.

⁴² EC 2011c.

Myös EU:n kiertotalouspaketissa huomautetaan, että **biologisten resurssien käyttö edellyttää, että kiinnitetään huomiota niiden elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kestäväan hankintaan.**⁴³

Metsäpohjaisen biomassan käyttö on yksi tärkeä resurssitehokkuuden edistämisen kohde. Euroopan komissio hyväksyi uuden EU:n metsästrategian vuonna 2013⁴⁴. Strategian tavoitteena on **käyttää puuraaka-ainetta tietyssä etusijajärjestyksessä kaskadiperiaatteen mukaisesti** samalla noudattaen uusiutuvan energian direktiiviä.⁴⁵ Strategian mukaan kaskadiperiaatetta tulisi käyttää EU-politiikkaa ohjaavana periaatteena resurssitehokkuuden parantamiseksi ja kestävämmän luonnonvarojen käytön rajoittamiseksi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita esimerkiksi yksittäisten metsänomistajien puunmyynnin ohjaamista koskevaa sääntelyä – vaan ennemminkin määrittää sitä, millaisia biomassojen käyttömuotoja tuetaan julkisin varoin. **Samankaltainen käyttöhierarkia on jo toimeenpantu EU:n jätesääntelyssä jätehierarkian mukaisesti.** Se priorisoi uudelleenkäyttöä ja materiaalien kierrätystä ennen jätteen käyttöä energiaksi. Jätehierarkia ei kuitenkaan itsessään luo merkittäviä sitovia vaikutuksia, vaan sen vaikutavuus riippuu implementoinnista lainsäädäntöön. EU-sääntelyssä ei toistaiseksi ole myöskään mitään yhtenäistä keinoa laskea jätteen synnyn ehkäisemistä ja näin ollen sille ei ole voitu esittää konkreettista tavoitetta. Suomen jätelaissa säädetty jätehuollon etusijajärjestys (jätehierarkia) kuitenkin sitoo ammatillisia toimijoita.

Suomessa materiaalitehokkuutta resurssitehokkuuden yhtenä osa-alueena pyritään edistämään kansallisella **materiaalitehokkuusohjelmalla**, jonka tavoitteena on luoda ”kestävää kasvua materiaalitehokkuudella”. Sillä pyritään samanaikaisesti talouskasvuun, luonnonvarojen viisaaseen käyttöön ja irti-kytkentään haitallisista ympäristövaikutuksista.⁴⁶

Resurssitehokkuuden ja kaskadiperiaatteen kannalta keskeisiä politiikkoja Suomessa ovat myös **hallituksen kärkihankkeet, metsästrategia ja energia- ja ilmastostrategia sekä puurakentamisen edistäminen.** Kärkihankkeissa pyritään muun muassa lisäämään kestävä puun tarjontaa. Lisäksi tavoitteena on edistää metsäteollisuuden investointeja ja vauhdittaa erityisesti mekaanisen metsäteollisuuden uuden liiketoiminnan ja korkean jalostusarvon tuotteiden kehittämistä. Tavoitteena on myös suunnata kansallista materiaalitehokkuusohjelmaa ja muita julkisia kehittämistoimenpiteitä parantamaan eri alojen materiaali- ja raaka-ainevirtojen parempaa keskinäistä hyödyntämistä (ns. teolliset symbioosit) ja kierrätysmateriaalien markkinapaikkojen syntyä.⁴⁷

Suomen kansallisen metsästrategian strategisena tavoitteena on metsien monipuolisen ja kestävä käytön ohella, että suuret toimijat yhdessä pk-yritysten kanssa muodostavat uusia teollisia ekosysteemejä, joissa puusta ja tuotannon sivutuotteista jalostetaan lopputuotteita eri käyttötarkoituksiin ja nostetaan tuotannon jalostusarvoa ja resurssitehokkuutta. Tuotannon jäte- ja sivuvirtojen merkitys raaka-aineena kasvaa, ja niistä tulee myös entistä tärkeämpi kilpailutekijä.⁴⁸

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoite on, että suurin osa metsäpohjaisesta energiasta tuotetaan edelleen markkinaehtoisesti muun puun käytön sivuvirroista. Metsäpohjaista biomassaa ohjataan eri politiikkatoimin korvaamaan fossiilisia polttoaineita lämmityksessä, yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa sekä liikenteen biopolttoaineiden ja muiden bionesteiden valmistuksessa. Uusiutuvan energian käytön lisäämistä edistävät linjaukset painottavat erityisesti bioenergiaa, jonka lisäyksestä noin puolet perustuu puuperäisen raaka-aineen käyttöön. Strategian perusskenaariion pohjalta metsien hakuiden ennustetaan lisääntyvän nykytasolta.⁴⁹

⁴³ EC 2015a.

⁴⁴ EC 2013

⁴⁵ AEBIOM ym. 2013.

⁴⁶ TEM, YM 2013.

⁴⁷ Valtioneuvoston kanslia 2015, 2017.

⁴⁸ MMM 2015.

⁴⁹ Huttunen 2017 (toim.)

Yllä mainituissa ohjelmissa ja strategioissa esiin nostetut resurssitehokkuutta parantavat talouskasvun irtikytkeä luonnonvarojen käytöstä ja tavoitteet tuotannon jalostusarvon nostamiseksi sekä sivuvirtojen käytön tehostamiseksi ilmentävät kaskadiperiaatteen mukaisia toimia. Suomessa kaskadikäyttöä ei erityisesti painoteta, sillä meillä puujätettä on runsaasti ja puupohjainen energia on nähty yhtenä merkittävänä keinona vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Tässä on **potentiaalinen ristiriita energiapolitiikan ja kaskadiperiaatteen välillä** (ks. tarkemmin luku 3.3.1). Merkittävimmät mahdollisuudet kaskadikäytön parantamiseksi liittyvätkin juuri sivuvirtojen kaskadihyödyntämiseen. Resurssitehokkuutta voidaan parantaa myös ohjaamalla puun tuotantojätettä kierrätykseen energiatuotannon sijaan, ja ottamalla talteen sekä käyttämällä tuotannossa syntyvä energia; ja hyödyntämällä puupohjaisia materiaaleja ja kemikaaleja korvaamaan haitallisempia teknisiä kemikaaleja ja materiaaleja.⁵⁰ Toistaiseksi meillä on kuitenkin melko vähän tutkimusta kaskadiperiaatteella tavoiteltujen hyötyjen toteutumisesta. Varsinkin kattavat ja laajat tarkastelut eri ympäristövaikutuksista puuttuvat (ks. tarkemmin luku 2.2). Kaskadiperiaatteen priorisointi ja laaja käyttöönotto edellyttää myös Suomen puuvirtojen ja -markkinoiden erityispiirteiden sekä elinkaarinäkökulman kokonaisvaltaista huomioon ottamista (ks. luku 3.3.1).

3.3 Ekologinen kestävyys

Biomassan kaskadikäytön avulla voidaan parantaa ekologista kestävyyttä, mikäli elinkaariset päästöt vähenevät ja resurssien kokonaiskäyttö vähenee.

Kaskadiperiaate kattaa lähtökohtaisesti vain korjatun biomassan. **Kun biomassaa poistetaan ekosysteemistä, esimerkiksi puuta hakataan metsästä, sillä on aina suoria vaikutuksia ekosysteemin toimintaan ja rakenteeseen**, kuten hiilen sidontaan, ravinteiden pidätykseen, mikroilmastoon, luonnon monimuotoisuuteen ja maisemaan. Nämä vaikutukset muuttavat myös ekosysteemistä saatavia hyötyjä eli ekosysteemipalveluita. Biomassan käyttö vaikuttaa merkittävästi ekosysteemien luontaisiin energiovirtoihin. Kemiaalisesti varastoitu energia, jota kasvit fotosynteesissä tuottavat, on kaikkien ravintoketjujen energiaperusta. Käyttämällä biomassaa yhteiskunnat muuttavat ekologisiin energiavirtoihin käytettävissä olevaa energiamäärää ja saatavilla olevan biomassan laatua. Tällä on myös globaaleja vaikutuksia hiilensidonnassa – etenkin silloin kun maankäytössä tapahtuu muutoksia.

Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Sen kolmeksi peruselementiksi on otettu ekologinen, taloudellinen sekä sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. Ekologisen kestävyuden perusehtoina ovat luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ja ihmisen taloudellisen ja kaiken aineellisen toiminnan sopeuttaminen maapallon luonnonvaroihin ja luonnon kantokykyyn. Myös YK:n biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen alla kehitetty ekosysteemilähestymistapa huomioi ihmisen ja hänen toimintansa elinympäristöjen käytössä ja suojelussa. Lähestymistavalla pyritään monimuotoisuuden suojeluun ja hoitoon sekä ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestäväan käyttöön soveltamalla yhteen näitä kestäväan kehityksen ulottuvuuksia. **Biomassan kaskadikäytön avulla voidaan parantaa ekologista kestävyyttä, mikäli elinkaariset päästöt vähenevät ja resurssien kokonaiskäyttö vähenee.** Resurssitehokas biomassan käyttö voi vähentää alueisiin kohdistuvaa käyttöpainetta säästämällä joitakin alueita tai kohteita käytön ulkopuolelle, tai vähentämällä käytön intensiivisyyttä. Molemmissa tapauksissa ekosysteemien tila ja luonnonprosessien toimintaedellytykset paranevat.

Suomessa biomassan käyttöön liittyvä ekologinen kestävyys on puhututtanut erityisesti metsäluonnon osalta. Metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen on nykyään olennainen osa talousmetsien kestävää hoitoa ja käyttöä. Suomen kansallinen metsästrategia tukee biologista monimuotoisuutta kos-

⁵⁰ Primmer ym. 2016.

kevan yleissopimuksen (CBD) ja EU:n biodiversiteettistrategian sekä näihin pohjautuvan kansallisen biodiversiteettistrategian ja sitä toteuttavan toimintaohjelman toimeenpanoa. Kansallisen biodiversiteettistrategian tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen pysäyttäminen vuoteen 2020 mennessä ja luonnon monimuotoisuudelle suotuisan tilan varmistaminen vuoteen 2050 mennessä. Samaisen strategian missiona on, että luonnonvaroja käytetään kestävästi. Uusiutuvia luonnonvaroja käytetään taloudelliseen toimintaan ja ihmisten hyvinvoinnin kasvattamiseen niin, että ne eivät vähene, vaan uusiutuvat sukupolvesta toiseen. Uusiutumattomia luonnonvaroja käytetään mahdollisimman ekotehokkaasti.⁵¹

Yleisesti ottaen ympäristön tilan heikkenemisen on todettu vähenevän, mikäli puunkäytössä on useita kaskadiportaita ennen raaka-aineen lopullista käyttöä energiana⁵². Kierrätetyn puun korkea laatu kaskadiketjussa parantaa mahdollisuuksia useampaan seuraavaan kerrannaiskäyttöön, sillä puun laatu yleensä huononee joka portaalla. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että puutuotteiden käyttökertojen kasvattaminen vähentää myös puun käytöstä aiheutuvia ekologisia haittoja⁵³. Tehokas ja kertautuva biomassan käyttö säästää muita ekosysteemipalveluita ja voi edistää esimerkiksi kasvavasta puustosta riippuvaista liiketoimintaa, kuten luontomatkailua, tai hiilensidontaa. Samalla kaskadikäyttö parantaa biomassojen käytöllä saatavia substituu- eli korvaushyötyjä biomassan korjaamisen maksimoinnin sijaan.⁵⁴ Korvaushyötyjä syntyy kun biopohjaisilla materiaaleilla ja tuotteilla voidaan korvata materiaaleja tai tuotteita, joiden elinkaariset ekologiset haittavaikutukset ovat suuremmat kuin vastaavilla biopohjaisilla vaihtoehdoilla.

3.3.1 Hiilensidonta- ja ilmastovaikutukset

Kaskadikäyttö vähentää hiilidioksidi- ja muita kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehään. Kestävä biomassojen käyttö edellyttää kuitenkin useiden näkökulmien huomioon ottamista.

Vähähiilisyydellä tarkoitetaan toimia, jotka tuottavat ilmakehään vähän ilmastomuutosta kiihdyttäviä päästöjä. Ilmastomuutoksen hillinnän tarkeys ja Pariisin ilmastopöytäkirjan päätös pyrkiä rajoittamaan maapallon lämpötilan nousu 1,5 asteeseen merkitsee sitä, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta nostavien toimien rajoittamista tulee kiirehtiä. Tässä yhteydessä **biomassojen kaskadikäyttö nousee esiin yhtenä mahdollisuutena vähentää biomassojen käytön hiilidioksidi- ja muita kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehään.** Seuraavat puun kaskadikäyttöön liittyvät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismekanismit on johdettu ilmastopaneelin raporteista^{55,56}:

- Puumateriaalin siirtyessä yhdestä käyttökohteesta uusiin käyttökohteisiin hakkuiden määrä vähenee pienentyneen neitseellisen puuraaka-ainetarpeen myötä. Pienemmät hakkuumäärät merkitsevät sitä, että metsien hiilinielut ja varastot kasvavat enemmän vuosikymmeniksi eteenpäin verrattuna tilanteeseen, jossa hakkuita lisätään. Lisääntyvä nielu ja sitä kautta syntyvä suurempi hiilivarasto metsässä merkitsee vähemmän hiilidioksidia ilmakehään.
- Puun lisääntyvä materiaalihyödyntäminen pitää kerran otetun puun hiilen poissa ilmakehästä. Mitä kauemmin puuraaka-aineen polttamista voidaan viivyttää, sitä enemmän

⁵¹ VnP 2012.

⁵² Gärtner ym. 2012, 2013.

⁵³ Fraanje 1997; Gärtner ym. 2013.

⁵⁴ Haberl & Geissler, 2000.

⁵⁵ Seppälä ym. 2015.

⁵⁶ Seppälä ym. 2017.

ehtii uutta puuta kasvaa alkuperäiselle hakkuupaikalle ja tällä tavalla kompensoida aikanaan tapahtuvan puumateriaalin polton hiilidioksidipäästöt ilmakehään.

- Puun käytön kasvihuonekaasupäästöjen korvaushyödyt ovat materiaalihyödyntämisessä saatavissa suuremmaksi kuin energiahyödyntämisessä. Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa puutuotteet pystyvät korvaamaan vaihtoehtoisella tavalla valmistettuja, elinkaarivaikutuksiltaan suuripäästöisempiä tuotteita. Puun korvaushyödyt ovat suurempia korvatesa terästä tai sementtiä kuin fossiilisia polttoaineita. Kaskadikäyttö johtaa parhaimpaan lopputulokseen, jos jokaisella uudella käyttökerralla pystytään korvaamaan mahdollisimman isopäästöisiä muita materiaaleja.

Edellä esitettyjen **kasvihuonekaasupäästönäkökulmien lisäksi kaskadikäyttö voi vähentää metsäbiomassan käytön kustannuksia, kun korjuukustannukset vältetään**⁵⁷. Kierrätetyn puun lisääntynyt kaskadikäyttö lieventäisi kilpailua neitseellisestä puuraaka-aineesta ja hillitsisi puutuotteiden hintojen nousua – parantaen niiden kilpailukykyä ei-puuperäisiin tuotteisiin verrattuna.⁵⁸ Toisaalta on huomioitava, että mikäli kierrätys on pois puun energiakäytöstä, silloin energiaksi saattaa ajautua neitseellistä puuta/muuta biomassaa.

Suomessa hiilinielujen kehitys lähivuosikymmenten aikana riippuu hyvin voimakkaasti hakkuiden tasosta ja puuston kasvun kehittymisestä. Metsien raivauksen vähentämisen ohella hallituksen energia- ja ilmastostrategian hiilinielupolitiikan linjauksissa metsien puuntuotannollisesti kestävä käyttö pyritään varmistamaan vahvistamalla metsien kasvua sekä selvittämällä puuttomien alueiden metsittämismahdollisuudet.⁵⁹ Näiden toimenpiteiden lisäksi **kaskadikäyttö kasvattaa metsien hiilinielua ja -varastoa**. Energia- ja ilmastostrategian linjausten mukaan puun energiakäyttöä on kuitenkin tarkoitus lisätä suoraan metsähakkeen kautta. Kuten aikaisemmin on jo todettu, hakkuutähteiden ja pienirunkoisten harvennuspuiden käyttö on perusteltua ilmastosyistä jo lyhyellä aikavälillä, jos puu jäisi muutoin lahoamaan metsään ja tällä energiapuulla voidaan korvata fossiilista polttoainetta. Kaskadikäytön periaatteiden vastaista on kuitenkin se, jos teollisuudelle toimitetusta ainespuusta päätyy suuri osuus energiakäyttöön ilman materiaalihyödyntämisvaihetta.

Suurempi jalostusarvo ei heijastu suoraan markkinahintaan, sillä energiatuotantoon käytettävästä puusta voidaan maksaa joskus jopa korkeampaa hintaa kuin massateollisuuteen menevästä. Jos spekuloidaan, että puuraaka-aineen hinnan määritteli käyttö pitemmälle jalostettuihin tuotteisiin, syntyisi uudenlainen hintasääntely, joka vääristäisi puumarkkinoita. **Myös sosioekonomiset syyt**, kuten paikallisuus, energiaomavaraisuus sekä työllistävyys voivat puoltaa puun energiakäyttöä.⁶⁰ Ympäristön kannalta se, onko hyötykäyttö parempi toteuttaa polttaen vai kierrättäen, riippuu tuotettavista energia- ja materiaali tuotteista ja ennen kaikkea siitä, **minkälaisia tuotteita ne korvaavat**. Elinkaaristen ympäristövaikutusten näkökulmasta katsottuna parhaat vaihtoehdot eivät välttämättä myöskään ole taloudellisesti edullisimpia.⁶¹ Sokka ym. 2015 kuvaavat raportissaan havainnollisesti puuvirtoja Suomessa ja EU:ssa⁶². Nykyisin noin puolet teollisuutemme toimitetusta ainespuusta päätyy välittömästi energiakäyttöön, mikä on vähemmän kuin EU:ssa keskimäärin. Meillä teollisuuden sivuvirtojen energiakäyttö on sitä vastoin merkittävämpää. Erityisesti mekaanisessa metsäteollisuudessa tulisi edelleen kehittää materiaalihyödyntämistapoja sahanpurulle, muun muassa lastulevynä. Lisäksi Suomessa käyttöön otetusta puuraaka-aineesta merkittävä osa menee vientiin väli- tai lopputuotteissa. Näin ollen **vain murto-osa puusta päätyy Suomen sisäiseen kaskadikiertoon**.

Epäsuoran maankäytön muutoksia (ILUC) koskevan direktiivin tavoitteena on rajoittaa erityisesti perinteisten, raaka-aineenaan ruokakasveja hyödyntävien biopolttoaineiden käyttöä ja siten ehkäistä

⁵⁷ Dornburg & Faaij 2005.

⁵⁸ Höglmeier ym. 2017.

⁵⁹ Huttunen 2017 (toim.)

⁶⁰ Koistinen 2016.

⁶¹ Myllymaa ym. 2008.

⁶² Sokka ym. 2015

epäsuorasta maankäytön muutoksesta aiheutuvia kasvihuonepäästöjä. **Direktiivi on ensimmäinen EU-säädös, joka nimenomaisesti edellyttää, että biopolttoaineiksi käytettävät raakamateriaalit hankitaan kaskadiperiaatteen mukaisesti.** Sanamuodoltaan se on kuitenkin heikko, ja selvyyden vuoksi lopulliseen versioon tarkennettiin, että kaskadiperiaatetta tulee noudattaa ottaen huomioon alueelliset ja paikalliset taloudelliset ja tekniset olosuhteet.⁶³ EU:n biodiversiteettistrategian mukaan ekosysteemeihin perustuvat lähestymistavat ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen voivat tarjota kustannustehokkaita vaihtoehtoja teknologisille ratkaisuille. Samalla saavutetaan monia hyötyjä myös luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta.⁶⁴

3.3.2 Muut ekosysteemipalveluvaikutukset

Kaskadikäyttö vaikuttaa ekosysteemipalveluiden tuotantoon suoraan siten, että se vähentää biomassan irrottamisen tarvetta. Kaskadikäytöllä on myös suotuisia välillisiä vaikutuksia ekosysteemeihin.

Ekosysteemipalvelut ovat hyötyjä, joita ekosysteemit tarjoavat ihmisille⁶⁵. Ekosysteemipalvelut jaotellaan kolmeen pääluokkaan: tuotantopalveluihin (jotka ovat aineellisia tuotteita), ylläpito- ja säätelypalveluihin (prosessinomaisia) ja kulttuuripalveluihin (vuorovaikutusluontoisia). Lisäksi mainitaan luonnon elämää ylläpitävinä perusprosesseina tunnetut ns. tukipalvelut (yhteyttäminen, veden ja ravinteiden kierto), jotka ovat myös perusta kolmen pääluokan tuotteille ja palveluille.⁶⁶ **Biomassan käytön optimoinnilla kaskadiperiaatteen mukaisesti voidaan vähentää ekosysteemeistä poistetun biomassan kysyntää,** ja näin vaikuttaa suotuisasti moniin taloudellisestikin merkittäviin ekosysteemipalveluihin, kuten maaperän viljavuuteen, ravinteiden pidätykseen, tulvien säätelyyn ja pölytykseen. Myös hiilensidonta on ekosysteemipalvelu.

Kansallisessa biotalousstrategiassa⁶⁷ on useita mainintoja biodiversiteetin ja luontoarvojen edistämisen tärkeydestä: Suomen kansallisen biotalousstrategian tavoitteena on luoda uutta talouskasvua ja uusia työpaikkoja biotalouden liiketoiminnan kasvulla sekä korkean arvonlisän tuotteilla ja palveluilla ja turvata luonnon ekosysteemien toimintaedellytykset. Strategian mukaan samalla kun varmistetaan, että metsien, peltojen ja vesistöjen biomassaa voidaan hyödyntää monipuolisesti biotaloudessa, on varmistettava näiden luonnonvarojen käytön kestävyys ja ekosysteemipalveluiden toimintaedellytykset. Strategian mukaan myös tietoa biomassojen saatavuudesta ja kehityksestä voidaan parantaa luontopääomaa koskevia suunnittelujärjestelmiä ja tilastointia (tilinpitoa) kehittämällä. Ajantasaisella ja eri toimijoiden helposti käytettävissä olevalla tiedolla luodaan edellytykset uusille biotalouden palveluille, biomassojen kestäväen käytön varmistamiselle ja ekosysteemipalveluiden turvaamiselle. Tämä voi helpottaa myös kaskadiperiaatteen toteuttamista käytännössä. Metsien hyvästä kasvukunnosta ja metsäluonnon monimuotoisuudesta huolehtiminen sekä puumarkkinoiden määrätietoinen vahvistaminen ovat ratkaisevassa asemassa metsien käyttöasteen nostamiselle kestävästi. Biotalous tukee myös kestäväen kehityksen tavoitteita, luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä sekä tasapainoista alueellista kehitystä. Metsien hyödyntämisessä on hakkuumahdollisuuksien ja kasvun lisäksi turvattava metsien monimuotoisuus ja luontoarvojen säilyminen.⁶⁸

Luonto ja luonnon kokemus ovat tärkeä hyvinvoinnin lähde. Kaupungin viheralueiden käytöllä on myönteisiä vaikutuksia asukkaiden psyykkiseen hyvinvointiin. Viheralueiden käyttö ja luonnossa liik-

⁶³ EU 2015.

⁶⁴ EC 2011c.

⁶⁵ Millennium Ecosystem Assessment 2005.

⁶⁶ Saastamoinen ym. 2014.

⁶⁷ TEM ym. 2014.

⁶⁸ Korhonen ym. 2016.

kuminen vaikuttavat epäsuorasti myös työn tuottavuuteen ja laatuun lisäämällä psyykkistä hyvinvointia ja ylläpitämällä työkykyä.⁶⁹ Luonnonarvoihin perustuvat, terveyttä edistävät hyvinvointipalvelut ovat kasvava toimiala ja luontomatkailu- ja hyvinvointipalveluilla voidaan lisätä sekä kotimaisten että ulkomaisten matkailijoiden tuomia rahavirtoja merkittävästi. Luonnonarvoilla ja luonnonvaroja ylläpitävillä prosesseilla on suuri merkitys myös biotaloudelle. Nämä ekosysteemipalvelut tarjoavat mahdollisuuksia monenlaiseseen yritystoimintaan. Uutta liiketoimintaa voidaan rakentaa ekosysteemipalveluiden varaan myös rakentamisessa sekä vesien- ja maisemanhoidossa. Energian talteenotto sekä vedenkierron, pienilmaston ja kasvillisuuden hyödyntäminen ovat osa kestävästä rakentamisesta ja yhdyskuntasuunnittelua.⁷⁰

Kaskadikäyttö vaikuttaa ekosysteemipalveluiden tuotantoon suoraan siten, että se vähentää biomassan ekosysteemeistä poistamisen tarvetta, kun biomassa kiertää kaskadiportaissa pidempään. Tällöin on periaatteessa suurempi liikkumavara optimoida myös biomassaa säilyttävää tai kasvattavaa käyttöä esim. metsien virkistyskäytön, hiilinielujen tai tulvien, pienilmaston ja ravinteiden säätelyn lisäämisellä. **Kaskadikäytöllä on myös välillisiä vaikutuksia ekosysteemeihin**, mikäli sillä onnistutaan vähentämään jätettä ja korvaamaan esimerkiksi puun energiakäyttöä ilmastoystävällisemmillä vaihtoehdoilla.

3.4 Taloudellinen kestävyys

Kaskadikäyttö voi kannustaa biopohjaiseen talouteen liittyvien prosessien tehostamiseen ja innovaatioihin.

Kaskadiperiaatteen mukaan biomassan käyttömäärien maksimoinnin sijaan **Suomen kannattaisi pyrkiä lisäarvon tuottamiseen biomassasta ja muista luonnonvaroista**. Metsäbiomassan kaskadikäyttö ja metsäperäisen liiketalouden monipuolistaminen loisivat uusia liiketoiminta- ja talouden kasvumahdollisuuksia arvoketjun myöhemmissä vaiheissa. Myös liiketoimintamalleihin, jotka hyödyntävät metsäekosysteemejä poistamatta niitä metsästä (kuten terveys- ja hyvinvointisektori), tulisi panostaa.⁷¹

EU:n kiertotaloutta koskevan toimintasuunnitelman mukaan biopohjaisella taloudella on materiaaleihin, kemikaaleihin ja prosesseihin liittyviä mahdollisuuksia innovaatioihin, jotka voivat olla olennainen osa kiertotaloutta. Tämän potentiaalin käyttäminen riippuu erityisesti investoinneista integroituihin biojalostamoihin, jotka pystyvät prosessoimaan biomassaa ja biojätettä eri käyttötarkoituksia varten.⁷² Suomen vahva teknologiaosaaminen mahdollistaa raaka-ainekiertojen tehostamisen. Kiertoja voidaan pidentää ja materiaalien arvoa maksimoida siten, että tuotteiden älykkyyttä lisätään ja niistä luodaan palveluita. **Uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy muun muassa sivuvirtojen hyödyntämiseen erikoistuville yrityksille. Metsäperäisissä kierroissa tuotanto on energia- ja materiaalitehokasta sivuvirtoja hyödyntäen, ja lisäarvoa saadaan hyödyntämällä puun kemiallisia komponentteja, kuten ligniiniä.**⁷³

EU:n biodiversiteettistrategiassa muistutetaan, että edistyminen monilla soveltavien tieteiden aloilla riippuu luonnonvarojen saatavuudesta ja monipuolisuudesta. Esimerkiksi geneettinen monimuotoisuus on innovaatioiden pääasiallinen lähde korkeaa lisäarvoa tuottavassa lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Sen sijaan ekosysteemien ennallistamiseen ja vihreään infrastruktuuriin liittyvää innovaatiopotentiaalia

⁶⁹ Ks. esim. Tyrväinen ym. 2007.

⁷⁰ TEM ym. 2014.

⁷¹ Primmer ym. 2016.

⁷² EC 2015a.

⁷³ Sitra 2016.

ja arvonluontimahdollisuuksia ei ole juuri hyödynnetty.⁷⁴ Kansallisen metsästrategian mukaan Suomen metsäalan kilpailukyky perustuu resurssitehokkaiden ja korkean jalostusarvon tuotteiden ja palvelujen vientiin ja kulutukseen sekä kestävyys turvaamisen yhteensovittamiselle toimintaympäristön jatkuvasti muuttuessa.⁷⁵

Kaskadikäyttö voi kannustaa biopohjaiseen talouteen liittyvien prosessien tehostamiseen ja innovaatioihin, joilla on myös merkittävää taloudellista painoarvoa. Arvonlisän tavoittelu tuotantoketjussa luo liiketoimintamahdollisuuksia sivuvirtojen hyödyntämiseen, ja biomassan käytön tehostaminen vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia. Suotuisat ympäristövaikutukset tukevat ekosysteemien aineettomasta hyötykäytöstä saatavia, myös taloudellisesti merkittäviä hyötyjä, kuten terveyden ja hyvinvoinnin edistämistä ja ruuan tuotantoa (esim. pölytys). Myös näihin liittyy merkittävää innovaatiopotentiaalia.

3.5 Kaskadiperiaatteen ja luonnonvarojen hallintaan liittyvien näkökulmien ristiriitoja

Vahvinta tukea kaskadikäytölle on tunnustettu kiertotalous- ja jätelaitteissa. Kaikki materiaalit eivät kuulu jätedirektiivin jätehierarkian piiriin, vaikka ne olisivatkin sivuvirtoja. Esimerkiksi EU:n jätedirektiiviä ei sovelleta tällaisia materiaaleja luonnonmukaisiin, vaarattomiin aineisiin, joita käytetään maatalousmetsätaloudessa tai tällaiseen biomassaan perustuvassa energiantuotannossa. Suomen jätelaissa jätteenä luokitellut ma- ja metsätalouden biomassat kuuluvat jätelain yleisten periaatteiden soveltamisalaan ja niihin tulee soveltaa jätehuollon etusijajärjestystä. Vaikka metsä- ja maatalousbiomassat eivät kuulu jätedirektiivin hierarkian piiriin, edellyttää direktiivi yhdyskuntien biojätteen erilliskeräystä kompostin ja biojäteperäisten materiaalien tuottamiseksi, ja noudattaa näin kaskadiperiaatetta.

Lisäksi etenkin biomassan käytön voimakasta lisäämistä koskevien politiikkojen, kuten bioenergia- ja biotalouspolitiikkojen, biodiversiteetti- ja hiilitasevaikutusten arvioinnissa tulisi ottaa huomioon kaskadikäytön vaikutukset. Uusiutuvan energian direktiivissä asetettu uusiutuvan energian tavoite (20 % kaikesta energian kulutuksesta vuoteen 2020 mennessä) voi kannustaa käyttämään biomassaa suoraan lämmitykseen ja energiaan noudattamatta kaskadiperiaatetta. On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi mädätys ja osa biopolttoaineiden tuotantoprosesseista tuottavat polttoaineen lisäksi myös kiinteää materiaalia, jota voidaan käyttää lannoitus- tai maanparannusaineena tai eläinten rehuna - mikä taas on kaskadiperiaatteen mukaista käyttöä. Vuonna 2014 56 % uusiutuvasta energiasta EU:ssa oli peräisin biomassasta⁷⁶. Liikenteen biopolttoaineiden tuotantoa maatalouden ja metsätalouden tähteistä suositaan suhteessa muihin biomassoihin. Näistä sekä jätteistä ja teollisuuden tähteistä tuotetun biopolttoaineen tarvitsee täyttää kestävyyskriteerit kasvihuonekaasujen rajoittamiseksi täyttääkseen uusiutuvan energian tavoitteet. EU:n valtiontukisääntöjen mukaan bioenergian tuotanto voi – muusta uusiutuvasta energiasta poiketen – saada toimintatukea vielä investoinnin poiston jälkeenkin⁷⁷. Tämä voi suosia biomassaperustaisen sähkön käyttöä – rajoittamatta biomassan polttoa. Uusiutuvan energian direktiiviehdotus kuitenkin rajoittaa biomassalla tuotettavan sähkön tukemista siten, että uusissa laitoksissa sähkön tuotannon tulisi olla energiatehokasta yhteistuotantoa⁷⁸.

Yritykset optimoivat biomassan käyttöä kokonaisvaltaisella tavalla törmäävät ristiriitoihin erilaisten biomassan käyttöpolkujen välillä. Esimerkiksi jätteiden ehkäisyyn tähtäävä politiikka vaikuttaa kierrätystasoihin ja materiaalien käyttöön ja vähentää siten potentiaalista jätteen energiakäyttöä.⁷⁹ Kaskadi-

⁷⁴ EC 2011c.

⁷⁵ MMM 2015.

⁷⁶ EC 2015b.

⁷⁷ Investointikulut ovat yleensä suhteessa pienemmät – ja juoksevat kulut suuremmat kuin muun uusiutuvan tuotannossa.

⁷⁸ EC 2016.

⁷⁹ Haberl & Geissler 2000.

käytön materiaalihyödyntämisen etusija johtaa kuitenkin parempaan lopputulokseen yleensä ilmaston ja ympäristön kannalta (vrt. kohta 3.3). Gärtner ym. (2013)⁸⁰ ovat pohtineet mahdollisia ristiriitoja energian talteenottoportaan lykkääntymisessä useilla vuosikymmenillä puun kaskadikäytön seurauksena. Tämä voi johtaa mahdollisten puhtaampien energialähteiden korvaamiseen tulevaisuudessa kun kaskadihyödynnetty puu viimein tulee elinkaarensa päähän. Ilmaston kannalta tilanne on kuitenkin toivottava, jos materiaalihyödyntämisessä pystytään korvaamaan selvästi suuripäästöisiä tuotteita. Lisäksi kaskadikäytön myötä pidentyneellä hiilen varastoitumisella tuotteisiin ja uuden puuston sitomalla hiilidioksidipäästöllä nollataan aikanaan tapahtuvan poltosta aiheutunut hiilidioksidipäästö ilmakehään ja siten edistetään ilmastonmuutoksen hillintää

⁸⁰ Gärtner ym. 2013.

4 Esimerkki kaskadiperiaatteen ilmenemisestä: Jätelainsäädäntö ja kaskadiperiaate

Jätteen tehokkaalla hyödyntämisellä on monia positiivisia vaikutuksia. Ensinnäkin jos jätettä käytetään uusien tuotteiden raaka-aineena, sen elinkaari pitenee ja sen loppukäsittelyn tarve siirtyy. Lisäksi kun neitseellinen materiaali korvataan jätteellä, vähenevät neitseellisten raaka-aineiden erottelun ympäristövaikutukset, jotka ovat merkittävät esimerkiksi kaivostoiminnassa. Usein jäteperäisten materiaalien käyttämisellä voidaan myös ohittaa tuotantoprosessin vaiheita ja saavuttaa esimerkiksi merkittäviä energiansäästöjä.

Esimerkiksi alumiinin valmistus alumiiniromusta käyttää arviolta vain seitsemän prosenttia neitseellisestä materiaalista valmistetun alumiinin valmistamiseen tarvittavasta energiasta lukuun ottamatta alumiinin valmistusta bauksiitista.⁸¹ Jätepuitedirektiivin⁸² mukaan seuraavaa jätehierarkiaa sovelletaan ensisijaisuusjärjestyksenä jätelainsäädännössä ja -politiikassa: a) jätteen synnyn ehkäiseminen, b) valmistelu uudelleenkäyttöön, c) kierrätys, d) muu hyödyntäminen, esimerkiksi energiana ja e) loppukäsittely. Suomessa säännös implementoidaan jätelailla⁸³, jossa etusijajärjestys on muotoilultaan ammatti- maisten toimijoiden osalta sitovampi kuin direktiivin muotoilussa.

Hierarkian staattinen seuraaminen ei antaisi liikkumavaraa esimerkiksi erilaisille kansallisille olosuhteille, eroille raaka-aine- tai maatihteellillä markkinoilla saati teknologisen kehityksen luomille uusille mahdollisuuksille. Hierarkiasta voidaankin poiketa muun muassa tekniseen toteutettavuuteen, taloudelliseen hyväksyttävyyteen ja ympäristönsuojeluun liittyvistä syistä. Poikkeukset on pystyttävä perustelemaan elinkaariajattelun sekä parhaiden ympäristöllisten vaikutusten kautta.⁸⁴ Arvioinnissa otetaan huomioon tuotteen ja jätteen elinkaaren aikaiset vaikutukset, ympäristönsuojelun varovaisuus- ja huolellisuusperiaate sekä toiminnanharjoittajan tekniset ja taloudelliset edellytykset noudattaa etusijajärjestystä.

Hierarkiassa asetettu prioriteettijärjestys siis muovaantuu erilaisten tuotteiden elinkaaren mukaan ja pyrkii näin optimoimaan materiaalikierron resurssitehokkuuden sekä minimoimaan haitalliset ympäristövaikutukset. Poikkeusten tulisi tuottaa etusijajärjestyksessä ympäristöllisesti paras mahdollinen vaihtoehto, ottaen huomioon koko tuotteen elinkaaren. Elinkaaren aikana tulee arvioida ympäristövaikutukset 1) raaka-aineiden hankinnasta, 2) tuotteen valmistamisesta, 3) sen pakkauksesta ja jakelusta, 4) käytöstä ja ylläpidosta sekä 5) sen hyödyntämisestä jätteenä tai sen loppukäsittelystä.⁸⁵ Perusoletuksena on, että jätehierarkian noudattaminen tuottaa optimaalisen lopputuloksen tuotteen koko elinkaaren huomioon ottaen. Arvioinnissa myös materiaalivirta-analyysi voi auttaa tosiasiallisesti mahdollisten hyödyntämismekanismien selvittämisessä. Esimerkiksi Iso-Britanniassa jätehierarkian poikkeuksista on säädelty niin, että ruoka- ja puutarhajätteen mädättäminen on nähtävä sille parhaaksi käsitteilyvaihtoehtoksi ja huonolaatuinen puujäte tulisi hyödyntää suoraan energiana kierrätyksen sijaan.⁸⁶ Suomessa puolestaan on esitetty, että koko elinkaaren huomioon ottaen huonolaatuisen puujätteen käyttö energiantuotannossa voisi olla parempi vaihtoehto kuin sen käyttö materiaalina.⁸⁷

Perinteisesti jätteenpolttolito on sijoitettu jätehierarkiassa loppukäsittelyksi tai muuksi hyödyntämistoimeksi. Rajanveto kahden jätehierarkian matalimman tason välille on riippuvainen polton energiate-

⁸¹ JRC 2010, s. 20.

⁸² EY 2008, 4. artikla.

⁸³ Jätelaki 646/2011, 8§

⁸⁴ EY 2008, 4(2) artikla. Ks. myös EC 2012b.

⁸⁵ Schmidt ym. 2007.

⁸⁶ Birat. 2015; DEFRA 2011, s. 6, 10–15, 36–37.

⁸⁷ Manninen ym. 2015.

hokkuudesta.⁸⁸ Jätteenpoltossa tulisi siis mahdollisimman tehokkaasti hyödyntää materiaalihyödyntämiseen sopimattomat materiaalit.⁸⁹ Jätteen energiahyödyntäminen lopettaa sen elinkaaren ja näin ollen sitä on sovellettava ainoastaan kun elinkaarta ei voida jatkaa ympäristön kannalta kannattavalla tavalla. Lisäksi energiantuotantoa voidaan pitää osana jätehierarkian mukaista kierrätystoimea eräissä olosuhteissa: kun lannoitetuotteita valmistetaan kierrätystoimeksi nähtävän anaerobisen mädätyksen kautta, samalla syntyneen jäteperäisen kaasun tuotantoa voidaan pitää osana tätä kierrätystoimea.⁹⁰

Jätehierarkian järjestystä tuetaan myös EU:n kierrätystavoitteissa, joissa määrätään tavoitetasot eräiden jätevirtojen hyödyntämiselle materiaaleina. Jätteenpolttoa ei pääosin lasketa mukaan kierrätystavoitteiden laskennassa. Komissio onkin kritisoinut nykyistä jätteen hyötykäyttöä sillä perusteella, että se perustuu monissa jäsenmaissa suurelta osin jätteenpolttoon resurssitaloudellisesti tehokkaamman materiaalihyötykäytön sijaan.⁹¹ Tavoitteisiin ei myöskään lasketa mukaan jätteen synnyn ehkäisemistä vaan niiden laskeminen perustuu jo syntyneen jätteen hyötykäyttöön.⁹² Tavoitteet ovat omiaan ohjaamaan jätevirtoja hierarkian korkeammille tasoille, mutteivät erikseen ota huomioon eri hyödyntämisvaihtoehtojen vaikutusta ympäristöön.

Nykyinen jätessäätely mahdollistaa turvallisten materiaalikiertojen kehittämisen jäteluokittelun poikkeusten kautta ja pyrkii ohjaamaan jätteitä hyödynnettäviksi jätehierarkian kautta. **Käytännössä kansallisella lainsäätäjällä ja viranomaisten tulkintakäytännöllä on olennainen asema siinä, että kuinka hyvin kaskadiperiaatteen materiaalikierron arvotuksia voidaan sen kautta tukea.** Esimerkiksi jätteen, sivutuotteen ja jätteeksi luokittelun lakkaamisen tulkinnassa olisi hyvä ottaa huomioon jätehierarkian ja elinkaariajattelun painotukset. Tuottajavastuujärjestelmissä jätteen hyödyntäminen ja jätehuolto on puolestaan suoraan sidottu tuottajien taloudelliseen intressiin ja näin se kannustaa toimijoita resurssitehokkuuteen ja ottamaan huomioon tuotteen koko elinkaaren vaikutuksen paremmin kaskadiperiaatteen mukaisesti. Vaikka pääosin tuotteiden elinkaaren jatkamisella on positiivisia ympäristöllisiä vaikutuksia, on olemassa myös jätevirtoja, jotka ovat ominaisuuksiltaan niin haitallisia, että ympäristöllisesti niiden paras käsittelyvaihtoehto on niiden hävittäminen.⁹³

⁸⁸ Turunen 2016.

⁸⁹ Orgaanisten jätteiden kaatopaikka kiellon seurauksena tämä muodostuisi suorastaan välttämättömyydeksi sellaisille orgaanisille jätteille, jotka eivät sovi hyödynnettäväksi materiaalina (Ympäristöministeriö 2013, s. 6-8).

⁹⁰ Euroopan komissio 2017, s. 4. Tätä kutsutaan *yhteistuotannoksi*. Samaa logiikkaa ei voisi soveltaa esimerkiksi biomassan polttoon ja siitä syntyvän tuhkan käyttämiseen lannoitteena, koska tuhka luokitellaan jätteeksi. Jätelainsäädännössä ”kierrätys” määritellään hyödyntämistoimena, jossa jättemateriaalit käsitellään uudelleen tuotteiksi, materiaaleiksi tai aineiksi. Näin ollen jos syntynyt materiaali on jätettä, ei toimesta ole kysymys kierrätyksestä. Jos tuhka valmistettaisiin erikseen tuotevaatimukset täyttävä lannoitetuote, tämän tuotteen valmistus voitaisiin mahdollisesti nähdä kierrätykseksi. Kuitenkin biomassan polttaminen olisi tästä erillinen hyödyntämistoimi.

⁹¹ Euroopan komissio 2017, s. 6–8.

⁹² Käytännössä jätteen synnyn ehkäiseminen mukaan laskeminen laskemiselle ei ole yhteisiä sääntöjä, jotka olisivat välttämättömät, että ne voitaisiin laskea mukaan kierrätystavoitteisiin (van Calster 2015, s. 50). Mahdollisista jätteen synnyn ehkäisemisen laskentakeinoista, ks. Zorpas & Lasaridi 2013. Suurempi ongelma on kuitenkin se, ettei laskennassa voida ottaa huomioon jätehuoltoa kokonaisuutena sekä sitä, että kuinka paljon jätettä syntyy ja mitä toimia synnyn ehkäisemiseksi on tehty.

⁹³ Ks. esim. Kauppi ym. 2017.

5 Kansainvälinen tarkastelu

Kaskadiperiaate ilmenee myös muiden Euroopan maiden politiikoissa, kuitenkin vaihtelevissa mittakaavoissa ja osin myös eri merkityksissä. Suomen kannalta on mielenkiintoista tarkastella eräiden biomassaa paljon käyttävien maiden ja alueiden politiikka-asiakirjoja ja kaskadiperiaatteen ilmenemistä niissä. Seuraavassa käsitellään Ruotsia, Norjaa, Itävaltaa, Flanderia (Belgia), Saksaa ja Ranskaa. Erityisesti tarkastellaan maiden biotalouteen ja kiertotalouteen liittyviä strategioita, mutta myös muita kuten ilmasto- ja metsästrategioita.

5.1 Ruotsi

Ruotsissa kuten Suomessakin on runsaat metsävarat, ja pitkät perinteet metsäbiomassan käytössä muun muassa metsäteollisuudessa. **Biotalouden ja kiertotalouden kahdessa keskeisessä ruotsalaisessa strategiadokumentissa ei suoraan mainita kaskadiperiaatetta, mutta sitä sivutaan eri tavoin.** Näistä toinen on 2012 hallituksen toimeksiannosta julkaistu *Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy*, jonka avulla tavoitellaan biopohjaista taloutta ja kestävää kehitystä⁹⁴. Strategia tavoittelee nykyistä resurssitehokkaampaa biopohjaista taloutta. Esimerkiksi uusiutuvat raaka-aineet tuotetaan siten, että ekosysteemipalveluiden kestävä käyttö varmistetaan. Tavoitteena on vähentää myös ilmastonmuutosvaikutuksia, fossiilisten raaka-aineiden käyttöä ja tuottaa kasvavaa lisäarvoa biomateriaaleille vähentyneen energian kulutuksen ja parantuneen ravinteiden ja energian talteenoton myötä. Mahdollinen kilpailu raaka-aineista tunnistetaan. Tutkimus- ja kehitystarpeita tunnistetaan muun muassa jätteen ja sivutuotteiden hyödyntämisessä raaka-aineina ja kierrätyksen lisäämisessä.

Toinen keskeinen dokumentti on maaliskuussa 2017 julkaistu, hallituksen toimesta tehty, laaja selvitys kiertotalouden mahdollisuuksista⁹⁵. Myöskään tässä dokumentissa ei mainita suoraan kaskadiperiaatetta, mutta jätteen synnyn ehkäisyä, resurssitehokkuuden lisäämistä ja lisäarvon tuottamista arvokierrossa käsitellään.

5.2 Norja

Norjan biotalous eroaa Suomesta siinä, että Norjassa meribiomassan ja vesiviljelyn rooli on tärkeä, noin kolmannes maan nykyisen biotalouden arvosta. Norjan biotaloudelle on arvioitu merkittävä kasvupotentiaali; sen arvon on arvioitu jopa noin kolminkertaistuvan nykytilanteeseen verrattuna.⁹⁶ Kasvua tukemaan ja vauhdittamaan on julkaistu kansallinen biotalousstrategia vuoden 2016 lopulla⁹⁷. Vastaavasti kuin Ruotsissa, **strategiassa ei käytetä kaskadi-termiä, mutta siinä todetaan, että uusiutuvien biologisten resurssien arvon luonti ja kestävä käyttö tulee perustua tehokkaaseen resurssien käyttöön ja uudelleenkäyttöön.** Lisäksi väestön ravinnontarve tulee asettaa etusijalle. Näin ollen strategiassa luodaan biomassan käytön arvohierarkia. Lisäksi todetaan, että resurssien käytön tulee olla kannattavaa. Kiertotalouden periaatteita tulee noudattaa, samoin kuin kokonaisvaltaisempaa ja yhtenäisempää lähestymistä teollisuuden alojen ja arvoketjun vaiheiden läpi. Strategiassa on lueteltu lukuisia toimenpiteitä, joiden avulla sitä edistetään. Kaskadiperiaatteeseen ja resurssitehokkuuden parantamiseen liittyen mainitaan mm. kiertotalouden ja jätepolitiikan valkoisen paperin laatiminen, kalankasvatuksen sivutuottei-

⁹⁴ FORMAS 2012.

⁹⁵ SOU 2017.

⁹⁶ Bardalen 2016.

⁹⁷ Norwegian Ministries 2016.

den ja jätteiden hyödyntämisen strategian laatiminen, lannoitelainsäädännön uudistaminen orgaanisten lannoitteiden ja jätteiden hyödyntämisen edistämiseksi, sekä yleisesti jäätinmateriaalien parempi hyödyntäminen tuotteina. Elinkaariarviointien edistäminen on myös yksi fokustoimenpiteistä.

Lokakuussa 2016 julkaistussa, Norjan hallituksen asettaman asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportissa vihreästä kilpailukyvyistä ei mainita kaskadiperiaatetta, mutta resurssitehokkuus kylläkin tärkeänä kilpailukyvyn edellytyksenä⁹⁸.

5.3 Itävalta

Itävalta on kiinnostava maa Suomen kannalta kaskadiperiaatteen tarkastelun osalta, sillä siellä kuten Suomessakin metsätalous ja -teollisuus ovat talouden keskeisiä kulmakiviä. Sokka ym. (2015)⁹⁹ vertailivat Itävallan ja Suomen puuvirtoja, ja totesivat, että Itävallassa tuontiraaka-aineen osuus on suurempi kuin Suomessa. Itävallassa puuta myös käytetään vähemmän sellun ja paperin tuotantoon ja enemmän energiaksi. Suomessa metsäteollisuuden sivuvirtojen osuus puun energiakäytöstä on selvästi suurempi kuin Itävallassa. Kaskadiperiaatteen kannalta merkittävää Itävallassa on, että siellä puun käyttö on lähellä maksimaalista kestävän käytön rajaa, ja siksi resurssitehokkuuden parantaminen, kierrätyksen lisääminen ja kaskadikäytön tehostaminen olisivat olennaisia toimia, jotta puun käyttöä voitaisiin lisätä.

Itävallassa hallitus valmistelee tutkimus-, teknologia- ja innovaatiostrategiaa kehittyvän biotalouden tukemiseksi kolmen ministeriön (Transport, Infrastructure and Technology; Science and Economy; Agriculture, Forestry, Environment and Water management) toimesta. Prosessi on saanut alkunsa voitto tavoittelemattoman ÖVAFin (Austrian Union for Research in Agricultural and Environmental as well as Life Sciences) ja usean toimijan muodostaman BIOS Science Austria -verkoston yhteisestä aloitteesta *Bioeconomy Policy Paper* (2013)¹⁰⁰. Asiakirjassa ehdotetaan kansallisen biotalousstrategian kehittämistä yhdessä eri ministeriöiden ja sidosryhmien kesken. Siinä todetaan myös, että **uusiutuvien raaka-aineiden käytön tulisi perustua resurssitehokkuuteen ja kaskadiperiaatteeseen**. Lisäksi todetaan, että kierrätettäväksi suunnittelu ja kaskadikäyttö mahdollistavat elintarviketeollisuuden ja muiden sivuvirtojen sekä biotuotteiden uudelleen käytön varhaisessa vaiheessa koko ketjun aikana, ja tuottavat näin taloudellista lisäarvoa. Prosessi on vaiheittainen; vuoden 2016 lopussa on käyty sidosryhmädialogia. Seuraavaksi laaditaan tutkimus-, teknologia- ja innovaatiostrategia, ja tämän perusteella yleinen ja laaja biotalousstrategia, jonka ennakoidaan olevan valmis vuoden 2017 lopussa.

Itävalta on myös kehittämässä biotaloutta osana laajempaa Tonavan aluetta. Alue ulottuu Saksasta Romaniaan ja ylittää 14 valtion alueelle. Alueella on valmisteltu ”position paper” biotaloudesta. Valmistelussa on hyödynnetty sidosryhmätyöpajoja ja on-line -konsultaatioprosessia. **Myös tässä dokumentissa tuodaan esiin kaskadikäyttö.** Sidosryhmät ovat korostaneet biomateriaalien kierrätystä ja jätevirtojen arvottamista, ja biotalouden resurssien kaskadikäytön on todettu olevan tärkeä keino vähentää painetta niukoille biomassaresursseille ja parantaa yleistä tehokkuutta. Kaskadikäyttö priorisoi biomassan käytön korkeaa lisäarvoa tuottavaan tarkoitukseen, erityisesti uudelleen käyttöön ja kierrätykseen, ja pitää energiakäyttöä kaskadin viimeisenä askeleena. Jätettä ja liete mainitaan merkittävänä potentiaalisina raaka-ainelähteinä.

5.4 Flanderi (Belgia)

Flanderissa, Belgian pohjoisosassa, hallitus hyväksyi biotalousstrategian 19.7.2013¹⁰¹, joka kattaa kestävän ja kilpailukykyisen biotalouden vision ja strategian vuoteen 2030 saakka. Strategian mukaan bio-

⁹⁸ Green Competitiveness 2016.

⁹⁹ Sokka ym. 2015.

¹⁰⁰ Övaf & BIOS Science Austria 2013.

¹⁰¹ Vlaamse overheid. 2013.

talous sisältää kaikki toiminnot, jotka liittyvät biomassan tuotantoon ja kaikki erilaiset tavat, joilla tätä biomassaa ja sen sivuvirtoja käytetään. Strategia korostaa Flanderin hyvää asemaa biotalouden kehittämisessä, koska siellä on useita vahvoja toimialoja, erityisesti kemian teollisuus, elintarviketeollisuus ja energiassektori sekä maatalous ja puutarhatalous. Korkean väestötiheyden ja hyvin hallittujen materiaali- virtojen nähdään olevan myös etu biotalouteen siirtymisessä.

Kaskadiperiaate on strategiassa vahvasti näkyvillä ja kirjattuna. Lähtökohtana on, että Flanderin biotaloudessa kaikki biomassavirrat käytetään hyväksytyn kaskadikäytön (accepted cascade) mukaisesti. Strategian kaskadiperiaatteella tarkoitetaan sitä, että sekä primäärisellä että sivu- ja jätevirroista peräisin olevalla biomassalla tulee varmistaa ensisijaisesti ja vastuullisesti turvallinen ruoantuotanto (ruoka ja rehu). Seuraava biomassan käyttö on raaka-aineena ja kolmanneksi energialähteenä. Tarkempi kaskadin prioriteettijärjestys voidaan laatia taloudellisten, sosiaalisten tai ekologisten kriteerien taikka näiden yhdistelmien perusteella, ja eri kriteerit voivat johtaa erilaisiin kaskadiketjuihin. Prioriteettijärjestys voi myös muuttua ja kehittyä ajan myötä. Koko elinkaari tulee ottaa huomioon, ja biomassaa tulee pitää tuotantoketjussa niin pitkään kuin on mahdollista, jakaen se myös eri jakeisiin ja hyödyntäen jätevirrat. Näin taloudellinen ja sosiaalinen arvo voidaan tuottaa useaan kertaan samasta biomassasta, ja näin ollen saavuttaa maksimaaliset hyödyt. Suurimmalle osalle biomassoista energiahyödyntäminen polttamalla nähdään viimeiseksi kaskadiaskeleeksi. Strategiassa tunnistetaan biotalouteen siirtymisen aiheuttama mahdollinen kilpailu biomassasta. Vaikka tulevaisuudessa energiaa tullaan todennäköisesti tuottamaan muilla uusiutuvilla energiamuodoilla, tullaan biomassaa käyttämään myös lämmitykseen ja muuhun energiankäyttöön, esimerkiksi lento- ja laivaliikenteen polttoaineena.

Strategiassa todetaan, että biotalouden ja uusiutuvan energian tarpeet tulee sovittaa yhteen, ja että ihannetapauksessa kaskadiperiaatteen noudattaminen parantaa biomassan riittävyyttä myös energiatarpeisiin. Strategian mukaan kaikki relevantit politiikkapäätökset tulee testata kaskadiperiaatteen mukaisesti, jolloin hallitus pystyy paremmin suuntaamaan biomassan käyttöä kestävästi koko ketjun ajan ja varmistamaan, että politiikkatoimet ovat koherentteja ja linjassa ja keskenään. Strategiassa todetaan myös, että tällä alueella tarvitaan lisätutkimusta, jotta hallitus voi arvioida eri politiikkavaihtoehtojen vaikutuksia ja siten muodostaa pitkän aikavälin koherentin ja linjakkaan politiikan ja tavoitteet yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa.

Strategia on suunnannut Flanderin alueen biotaloustutkimusta alueen (jäte)resurssivirtoihin ja sivutuotteisiin, jotta niitä voitaisiin hyödyntää uusissa arvoketjuissa. Strategian ja useiden muiden aloitteiden myötä on havaittu konseptuaalisia muutoksia jätteen asemassa ja biomassan käytön priorisoinnissa (Allen ym. 2015¹⁰²; ko. julkaisussa kattava katsaus Flanderin biotaloudesta).

5.5 Saksa

Saksan biotalous perustuu sekä maa- että metsätalouteen ja koskettaa useita valmistavan teollisuuden sektoreita, hankintaketjuja sekä palvelutoimia. Saksassa on vuonna 2011 laadittu kansallinen biotalouden tutkimusstrategia vuoteen 2030¹⁰³, jonka avulla keskushallinto tavoittelee kestävä biotalouden edellytysten luomista. Strategia määrittää viisi biotalouden prioriteettitoimenpidealuetta: 1) globaali ruokaturvallisuus; 2) kestävä maataloustuotanto; 3) terveelliset ja turvalliset elintarvikkeet; 4) uusiutuvien resurssien teollinen käyttö; ja 5) biomassapohjaisten energian kantoaineiden kehittäminen. Ruokaturvallisuus asetetaan aina ensisijaiseksi. Kuitenkin todetaan, että toimenpidealueet eivät ole erillisiä, ja niitä tulee viedä eteenpäin holistisesti, ja korkeamman lisäarvon tuotteita tulee suosia. Aina kun on mahdollista, on **suositeltavaa hyödyntää kaskadia ja kytkentää biomassojen käytössä (cascading and coupling application)**, esimerkiksi kuten biojalostamoissa tehdään. Tehokkaan ja kestävä bio-

¹⁰² Allen ym. 2015.

¹⁰³ Federal Ministry of Education and Research 2011.

massaraaka-aineiden hyödyntämisen varmistamiseksi tulee kehittää menetelmiä, jotka edistävät kaskadi- ja kytkevää käyttöä mm. jäännösten ja tähteiden hyödyntämiseksi.

Saksa on johtavia maita resurssitehokkuuden edistämisessä. Maan ensimmäinen resurssitehokkuus-ohjelma (ProgRes) julkaistiin helmikuussa 2012¹⁰⁴. Saksassa on jo vuonna 2002 asetettu tavoite raaka-ainetuottavuuden kaksinkertaistamiseksi vuosien 1994 ja 2020 välillä. Resurssitehokkuus edistää tavoitteen saavuttamista. Ohjelmassa asetetaan resurssitehokkuuden edistämistä ohjaavat periaatteet ja tavoitteet sekä indikaattorit kehityksen seuraamista varten. Yksi ohjaavista periaatteista sisältää pyrkimyksen vähentää riippuvuutta primäärisistä resursseista sekä suljettujen kiertojen kehittämisen ja hallinnan. **Kaskadikäyttö, jolla tarkoitetaan resurssien kertaautuvaa, mielellään korkeatasoista käyttöä, ja viimeisessä vaiheessa energiakäyttöä, mainitaan ohjelmassa toistuvasti.** Sen nähdään lisäävän sekundaaristen materiaalien saatavuutta ja pienentävän kustannuksia, ja parantavan raaka-ainetuottavuutta. Kaskadikäyttö myös auttaa vähentämään tuotantoprosesseihin liittyvää materiaalien, veden, energian ja maa-alueiden käyttöä. Kaskadikäytön nähdään olevan olennainen askel kiertojen sulkemisessa. Ohjelmassa tunnistetaan, että sektorikohtaiset kaskadikäytön indikaattorit olisivat hyödyllisiä, mutta metodologiat ovat vasta kehittymässä, ja näin ollen Saksan hallitus tutkii mahdollisuuksia kerätä dataa sekundääristen raaka-aineiden käytöstä ja tähän liittyvien indikaattorien kehittämisestä. Resurssien hukan välttämiseksi kaskadikäyttöä ja kierrätystä tulee edistää; ja Saksan hallitus tukee kaskadikäyttöä.

Saksan resurssitehokkuusohjelman päivitys julkaistiin marraskuussa 2016¹⁰⁵. **Kaskadikäyttö on edelleen vahvasti esillä ohjelmassa, ja se nähdään keinona parantaa resurssitehokkuutta ja parantaa kierrätyksen laatua.** Tavoitteena on esimerkiksi parantaa orgaanisen jätteen keräystä ja sen kierrätystä tai hyödyntämistä, erityisesti kaskadikäyttöä, 50 % vuosien 2010 ja 2020 välillä. Kestävän kaskadikäytön tukirakenteiden luominen on yksi vuosien 2016-19 toimenpidekohteista. Kaskadikäytön oikeusperuste on annettu vuoden 2012 jätteiden hallintaa koskevassa laissa (Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG)¹⁰⁶.

Myös Saksan **ilmasto-ohjelmassa painotetaan kaskadikäytön** (materiaalikäyttö ennen energia-käyttöä) tärkeyttä aina kun se on mahdollista.¹⁰⁷

5.6 Ranska

Ranskassa kaskadiperiaatteen kannalta keskeisiä strategioita ovat muun muassa biotalous-, vähähiilisyys-, kestävän kehityksen- ja kansallinen metsästrategia. **Mikään näistä ei suoraan mainitse kaskadiperiaatetta, mutta viitteitä periaatteen mukaisesta toiminnasta, kuten resurssitehokkuuden parantamisesta, kiertotalouteen siirtymisestä ja sekundääristen materiaalien hyödyntämisestä on paljon.** Alla on tarkemmin avattu näiden strategioiden sisältöä.

Ranska on yksi Euroopan suurimpia biomassoja hyödyntäviä talouksia. Sen rooli Euroopan maanviljelyssä on merkittävä, ja Ranska on myös tärkeä metsätalousmaa. Tammikuussa 2017 julkaistun Ranskan biotalousstrategian mukaan maassa on lähes 1,9 miljoonaa ihmistä suoraan tekemisissä biotalouden toimien kanssa, ja biotalous koskettaa 80 % maan maa-alasta¹⁰⁸. Strategian avulla Ranska tavoittelee maailman johtavien biotalousmaiden asemaa, ja aktiivista myötävaikuttamista eurooppalaisen biotalousstrategian päivitykseen¹⁰⁹. Lisäksi strategia tukee alkutuotannon sektoreiden uudistumista, arvonluontia ja työpaikkojen syntymistä, auttaa saavuttamaan maan COP21 -sitoumukset fossiilisten

¹⁰⁴ BMUB 2012.

¹⁰⁵ BMUB 2016a.

¹⁰⁶ Circular Economy Act 2012.

¹⁰⁷ BMUB 2016b.

¹⁰⁸ A Bioeconomy strategy for France 2017.

¹⁰⁹ Alim'agri 2017.

resurssien käytön vähentämisestä sekä vähentämään riippuvuutta tuontiraaka-aineista. Strategia tukee innovatiivisten ja kestävien ratkaisujen synnyttämistä alueellisesti.

Ranskan biotalousstrategiassa biotaloudella tarkoitetaan ”fotosynteesitaloutta”, yleisemmin ottaen ”elävän maailman taloutta”. Se siis kattaa kaiken biomassan tuotannon ja prosessoinnin talouden eri sektoreilla sekä ruoaksi, rehuksi, biopohjaisiksi tuotteiksi ja uusiutuvaksi energiaksi. Strategian mukaan biotalouden tavoitteena on:

- ruokaturvallisuuden ja kestävien elämän laadun standardien varmistaminen nykyisille ja tuleville sukupolville säilyttäen luonnon resurssit ja elinympäristöjen ekosysteemi-palvelut,
- olla pitkällä tähtäimellä tehokas, mukautuva (”resilient”), kiertävä (”circular”) ja tuot-tava,
- keskittyä suureen yleisöön ja perustua paikallisiin alueisiin, edesauttaen taloudellisen arvon ja työpaikkojen kehittymistä, ja
- tarjota innovatiivisia ratkaisuja, jotka ovat vaikuttavia, edullisia ja kykeneviä vastaa-maan erilaisiin inhimillisiin tarpeisiin.

Kaskadiperiaatetta ei Ranskan biotalousstrategiassa mainita, ja strategian yleinen sävy on biomassojen hyödyntämisessä, tosin kestävästi ja tehokkaasti, vaikkakin muun muassa biojalostamot, joustavat ja kestävät arvoketjut ja systeeminen lähestymistapa tunnustetaan tärkeiksi.

Myöskään Ranskan kansallisessa vähähiilisyysstrategiassa (*Stratégie Nationale Bas Carbone*, 2015)¹¹⁰ ei kaskadi ole selkeästi todettuna ohjaavana periaatteena, vaikka siitä onkin yksi mainin-ta puun prosessoinnin ja syntyvien sivutuotteiden osalta. Kiertotalouden, kierrätyksen ja uudel-leenkäytön lisääminen sen sijaan tuodaan esiin useaan otteeseen keinona edistää vähähiilisyyttä. Ranskan vähähiilisyysstrategia on harmonisoitu maan kolmannen kestävä kehityksen strategian (*La Stratégie Nationale de Transition Écologique vers un Développement Durable* (SNTEDD) 2015-2020¹¹¹) kanssa, jossa kiertotalouden ja vähähiilisyyden edistäminen on yksi päätavoitteista. Myöskään tässä strategiassa kaskaditermi ei korostu, mutta **periaate eli sekundaaristen resurssien hyödyntämi-nen nostetaan esiin keinona korvata neitseellisiä raaka-aineita** (SNTEDD s. 40-41). Ranskan biodi-versiteettistrategian¹¹² päätavoitteissa ei löydy suoraa yhteyttä kaskadiperiaatteeseen, eikä tuotteiden materiaalinuokkuuteen tai -tehokkuuteen tai elinkaariajatteluun.

Ranskan kansallisessa metsästrategiassa kaskadiperiaatetta ei suoraan mainita. Strategian pääpaino on puun liikkeelle saamisessa, koska strategian mukaan Ranskan metsät ovat tällä hetkellä alihyödyn-nettyjä¹¹³. Tavoitteena on luoda lisäarvoa vihreän kasvun ja resurssien kestävä hallinnan avulla. Kas-kadiperiaate kuitenkin mainitaan useissa Ranskan maa- ja metsätalouspolitiikkaan liittyvissä raporteissa olennaisena tekijänä ilmastonmuutoksen hillinnässä ja kestävä talouden ajurina. Tuoreena esimerkkinä voidaan mainita raportti, joka käsittelee metsien roolia ilmastonmuutoksen hillinnässä ja arvoketjuis-sa¹¹⁴, jossa myös viitataan komission tulevaan kaskadihjeistukseen.

¹¹⁰ Ministère de l’écologie, du développement durable et de l’énergie 2015.

¹¹¹ République Française, Le Gouvernement 2015.

¹¹² République Française, Premier Ministre 2011.

¹¹³ Ministère de l’Agriculture de l’Agroalimentaire et de la Forêt 2016.

¹¹⁴ Alexandre 2017.

6 Nousevia näkökulmia

Kaskadiperiaate on keskeinen monien luonnonvarapolitiikkojen kannalta. Vaikka se Suomessa ei juuri ilmene strategioissa, on odotettavissa, että käsite tulee yhä enenevässä määrin käyttöön myös meillä. Tätä ennakoivat EU:n ilmoittamat tulevat ohjeistukset ja käsitteen näkymien jo monien Euroopan maiden politiikka-asiakirjoissa. Kaskadikäytön vaikutuksia tulee tarkastella laajemmin siitä näkökulmasta, millaisia kokonaisvaltaisia – suoria ja epäsuoria – ympäristö- ja ekosysteemivaikutuksia sillä on. Keskeisiä näkökulmia, jotka näissä vaikutuksissa tulee ottaa huomioon, ovat muun metsien hiilinielumuutokset, kemikaalien ja haitallisten aineiden aiheuttamat terveys- ja ympäristöriskit kiertotalouden materiaaleissa sekä toimivien ekosysteemien ja aineettomien ekosysteemipalvelujen tuottama arvo.

Metsäbioenergia on keskeisessä asemassa Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa. Bioenergian kysyntää on tuettu kansallisilla ohjaukskeinoilla, minkä on arvioitu vähentävän epäsuorasti **hiilinieluja**. Hiilinielujen turvaamisesta on pyritty huomioimaan kansallisessa metsästrategiassa niin, että suurinta kestävästä vuotuista hakkuumäärää laskettaessa on otettu huomioon Kiotoon pöytäkirjan toisen sitoumuskauden mukaiset ilmastotavoitteet. Hiilinielujen hallintaa ei ole toistaiseksi kuitenkaan operationalisoitu käytännön metsätaloudessa kansallisin ohjaukskeinoin.¹¹⁵ Tämän ekosysteemipalvelun tarjontaa ja kysyntää ohjaavat kansalliset strategiat ja kansainvälinen ilmastositoumus.

Kiertotaloudessa **materiaalikiertojen kestävyys, ts. turvallisuus, riskien hallinta ja laatu**, tulevat ennen pitkää avainasemaan¹¹⁶. Toistaiseksi niihin ei ole kiinnitetty riittävästi huomioita, vaan painopiste on ollut suoraviivaisemmassa pyrkimyksessä saada jätteet ja sivutuotteet tuotteiksi ja markkinoille. Biotalous painopisteen ollessa kasvavilla markkinoilla onkin havaittavissa ristiriitaa niiden ympäristöpolitiikan ja talouden tavoitteiden kanssa, joilla pyritään ekosysteemipalvelujen ja niiden perustana olevan luonnon monimuotoisuuden ja ekologisen kestävyuden turvaamisen ja tasapainoiseen julkiseen hallintaan¹¹⁷.

Aineettomien ekosysteemipalvelujen tuotantoa ja niihin pohjautuvaa arvon luontia ei ole toistaiseksi juurikaan operationalisoitu käytännön metsätaloudessa verrattuna biomassaa hyödyntävään luonnonvarojen käyttöön, vaikka tavoitteita tämän kehittämiseksi on asetettu kansallisessa metsästrategiassa. Kasvavalla metsällä voi olla virkistyskäytön näkökulmasta myös merkittävää rahallista arvoa: esimerkiksi matkailu on maailman suurin elinkeino, luontomatkat taas nopeimmin kasvava matkailun muoto. Rahasumman, jonka valtio sijoittaa kansallispuistoihin ja retkeilyalueisiin, on todettu palautuvan yhteiskunnalle moninkertaisesti yritystoimintana ja työpaikkoina¹¹⁸. Metsäluonnon monimuotoisuudella on myös merkittävä potentiaali uusien tehokkaampien lääkeaineiden löytämisessä. Maailmassa arvioidaan olevan lähes puoli miljoonaa kasvia, joista vain murto-osa on tutkittu kemiallisesti – edes osittain. Terveyttä edistäviä kemiallisia yhdisteitä löydetään myös Suomen luonnosta.¹¹⁹

Erilaisten metsiä ja niiden hoitoa sekä kestäväää käyttöä koskevien politiikkojen rajapinnassa nousee esiin tarve kriittisesti arvioida ja mukauttaa kestävyys hallinnan tapoja. On tunnistettu, että metsiin ja metsäsektoriin vaikuttavat sektoripolitiikat sisältävät erityisesti kestävä kehityksen ekologisten tavoitteiden kanssa ristiriitaisia tavoitteita. Kaskadiperiaate sekä kansainvälisen biodiversiteetti-

¹¹⁵ Ks. Korhonen ym. 2016, Päivinen ym. 2017.

¹¹⁶ Kauppi ym. 2017.

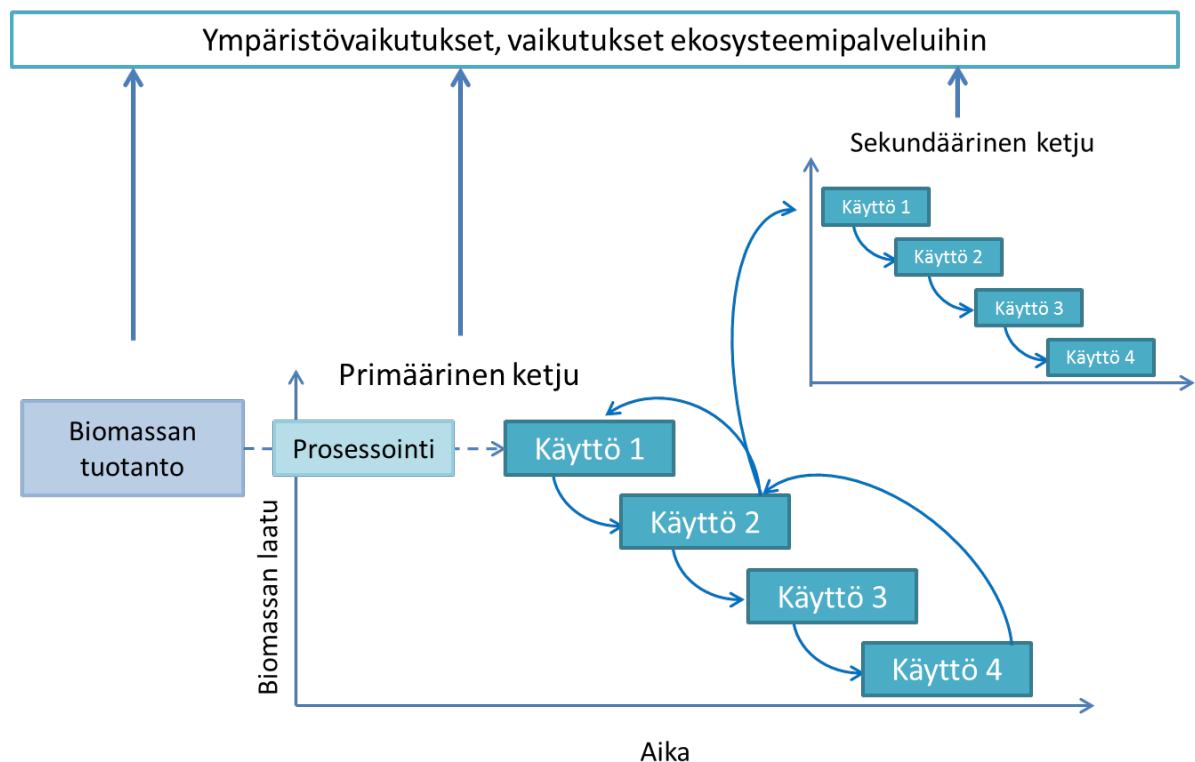
¹¹⁷ Boyd & Banzhaf 2007; ks. myös Naskali 2015.

¹¹⁸ Keskimäärin kansallispuistoissa kävijöiden rahankäyttö tuo lähialueelle noin 10 euroa jokaista puiston retkeilypalveluihin ja luontokeskuksiin sijoitettua euroa kohti. Matkailualueilla sijaitsevilla kansallispuistoissa hyötysuhde on vielä tätä korkeampi, keskimäärin 14 euroa. Eniten rahaa paikallistalouteen tuottaa Pallas-Yllästunturin kansallispuisto (36,5 milj. euroa), toisena on Urho Kekkosen kansallispuisto (21,5 milj. euroa) ja kolmantena Oulangan kansallispuisto (19 milj. euroa). Salmirinne 2016.

¹¹⁹ Jäppinen ym. 2014.

sopimuksen ekosysteemilähestymistapa¹²⁰ voivat toimia työkaluina ristiriitojen lieventämisessä. Ristiriitaiset tavoitteet ja vaihtosuhteet tulee kuitenkin ensin tunnistaa. Etenkin biomassan käytön merkittävää lisäämistä koskevat politiikat, kuten bioenergia- ja biotalouspolitiikat, tulee huolellisesti arvioida suhteessa niiden biodiversiteetti- ja hiilitasevaikutuksiin.¹²¹ Ollakseen kestävä, biotalouden tulee kehittyä linjassa kiertotalouden ja muiden luonnonvarojen kestävää käyttöä edistävien politiikkojen kanssa tavoitteena parantaa resurssitehokkuutta ja lieventää biomassan hyödyntämisen haittoja. Esimerkiksi ekosysteemipalvelutuotannon perustana olevat toimivat metsäekosysteemit ja niiden biodiversiteetti tulee turvata kestävä tulevaisuuden takaamiseksi.¹²²

Kaskadiperiaate tarjoaa työkalun linkittää eri politiikkojen keskenään ristiriitaisia tavoitteita. **Kaskadivaiheiden määrän on tutkimusten mukaan todettu olevan myös suoraan yhteydessä ekologiisiin hyötyihin.**¹²³ Biomassan kierrättäminen ja sivuvirtojen kattava materiaallinen hyväksikäyttö tehostaa resurssinkäyttöä ja vähentää näin tarvetta uuden biomassan irrottamiseen. Kun materiaali säilyy kaskadiportaissa pidempään ennen sen hyödyntämistä energiana – se myös varastoi pidempään hiiltä ja siten hillitsee ilmastonmuutosta. Tehokas kaskadikäyttö myös edistää energiantensiivisten teknisten materiaalien korvaamista biologisilla – ehkäisten näin haitallisempien aineiden päätyä luontoon. **Kaskadikäytön vaikutuksia tulee tarkastella laajemmin siitä näkökulmasta, millaisia kokonaisvaltaisia – suoria ja epäsuoria – ympäristö- ja ekosysteemivaikutuksia sillä on** (Kuva 3).



Kuva 3. Laajennettu näkökulma kaskadiperiaatteesta. Myös ekosysteemiin jäävän tai sinne palautettavan biomassan vaikutukset ympäristöön ja ekosysteemipalveluihin olisi hyödyllistä ottaa huomioon.

¹²⁰ <https://www.cbd.int/ecosystem/>; ks. myös Jäppinen ym. 2004.

¹²¹ Esim. Peltonen-Sainio ym. 2017, Päivinen ym. 2017, Korhonen ym. 2016; Makkonen ym. 2015.

¹²² Primmer ym. 2016, s. 33-35.

¹²³ Fraanje 1997; Gärtner ym. 2013.

7 Johtopäätelmiä ja suosituksia

Kaskadiperiaate säästää resursseja ja luontoa ja tarjoaa toimintamallin linkittää ja lieventää eri sektoripolitiikkojen keskenään ristiriitaisia tavoitteita. Toisaalta näkökulman valinta vaikuttaa siihen, mistä käyttötavasta saadaan suurin kestävä arvonlisä. Taloudellisen arvon lisäksi huomioon tulee ottaa elinkaariset ympäristövaikutukset ja ekosysteemivaikutukset.

Kaskadiperiaatteella tavoitellaan luonnonvarojen tehokasta hyödyntämistä edistämällä biomateriaalien kertaautuvaa käyttöä ja mahdollisimman korkeaa arvonlisää sekä lykkäämällä materiaalien loppukäyttöä energian tuotantoon. Kaskadiperiaate on osa kiertotaloutta. Se vahvistaa resurssitehokkuutta korostamalla talouskasvun irrottamista luonnonvarojen käytöstä, kierrätystä, uudelleenkäyttöä sekä yleisesti materiaalien tehokasta käyttöä. Lisäksi kaskadiperiaate nimenomaisesti painottaa pyrkimystä materiaalien arvon säilyttämiseen ja lisäämiseen biomassan hyödyntämisketjussa. Kaskadikäyttö ei välttämättä ole sama kuin taloudellinen etusijajärjestys, joka on arvoketjuidonomainen ja jättää elinkaariset ympäristövaikutukset ja ekosysteemipalvelut helposti huomiotta. Parhaimmillaan **biomassan kaskadikäyttö parantaa ekosysteemien kestävyyttä ja edistää muiden ekosysteemipalveluiden tuotantoa, esimerkiksi luontomatkailua ja hiilensidontaa.**

Kaskadiperiaate tarjoaa myös toimintamallin tunnistaa, linkittää ja lieventää eri sektoripolitiikkojen keskenään ristiriitaisia tavoitteita. **Arvioimalla materiaalien erilaisia käyttötarkoituksia ja niiden vaikutuksia tuotantoketjuissa huomataan sektoripolitiikkojen mahdollisia ristiriitoja. Parhaimmillaan arvioinnit voivat johtaa tavoitteiden tarkistamiseen kestäviksi ja yhdenmukaisiksi.**

Tuotteiden ja materiaalien käyttökertojen määrä on tutkimusten mukaan yhteydessä ekologisiin vaikutuksiin, sillä biomassasta valmistettujen tuotteiden ja materiaalien sekä niihin kytkeytyvien sivuvirtojen pitäminen materiaalikierrossa mahdollisimman pitkään tehostaa resurssien käyttöä ja vähentää näin tarvetta käyttää neitseellistä biomassaa. Kun biomateriaali säilyy materiaalikierrossa pidempään ennen sen hyödyntämistä energiana, se myös varastoi pidempään hiiltä ja siten hillitsee ilmastomuutosta, mikäli puunkäyttö ei lisäännä uusissa käyttökohteissa. Vähentyvä biomassan – ja siten hakkuiden – tarve johtaa myös tilanteeseen, jossa metsien hiilinielut eivät pienene yhtä nopeasti kuin jos hakkuumäärät pysyisivät nykyisellään, ja tämä aiheuttaa lyhyellä aikavälillä (alle 50 vuotta) ilmastohyötyjä. Metsien maltillisempi hyödyntämien parantaa lisäksi muiden metsistä saatavien ekosysteemipalvelujen säilytymismahdollisuuksia ja mahdollistaa ekosysteemien muun käytön (esim. virkistyskäyttö, matkailu; ml. biodiversiteetti) sekä vähentää esimerkiksi metsänhoidon vesistökuormitusta. Kaskadikäyttö vahvistaa biotuotteista ja -materiaaleista saatavia ilmasto- ja ympäristöhyötyjä, jotka toteutuvat biotuotteiden ja -materiaalien korvatussa vastaavaan käyttöön soveltuvia suuripäästöisempiä, muusta kuin puusta valmistettuja tuotteita ja materiaaleja. Edellä mainitut seikat merkitsevät myös sitä, etteivät biomateriaalikäyttökertojen lisäämisen hyödyt valu hukkaan, jos bioraaka-aine on pois energiakäytöstä pitkään ja sen poltto tulee kysymykseen vasta materiaalihyötykäytön elinkaaren loppupäässä. Tässä raportissa on pyritty nostamaan esiin, että kaskadikäytön vaikutuksia tulisikin tarkastella laajemmin siitä näkökulmasta, millaisia kokonaisvaltaisia – suoria ja epäsuoria – ympäristö- ja ekosysteemivaikutuksia kaskadikäytöllä on.

Biomassan hyötykäyttö perustuu tällä hetkellä vielä monissa EU-jäsenmaissa usein energiantuotantoon tehokkaamman materiaalihyötykäytön sijaan. Kaskadiperiaate toteuttaa monilta osin jätehierarkiaa ja on näin ohjannut jo pitkään jätelainsäädäntöä. Lainsäädännön velvoitteiden ohella materiaalien kierrätyksen määrää ohjaavat myös raaka-aineiden markkinahinnat ja sivuvirroista ja kierrätysmateriaaleista valmistettujen tuotteiden kysyntä. Kierrätysmateriaalien käyttö on eräiden materiaalien kohdalla kustannuksiltaan korkeampaa verrattuna neitseellisiin raaka-aineisiin. Myös jätteen energiana hyödyntämisen kustannukset saattavat olla kokonaisedullisemmat verrattuna kierrätyksen kustannuksiin. Tarvitaan kus-

tannustehokkaita jätteen esikäsittely- ja kierrätysteknologioita ja taloudellisia ratkaisuja jäteperäisten materiaalien saattamiseksi markkinoille. Kaskadiperiaatteen mukainen biotuotteiden ja -materiaalien käyttökertojen kasvattaminen taloudessa vaatisikin aluksi toimivia kannusteita, jotta biomassan tuotannon sivuvirtojen materiaalihyödyntämistä sekä tuotteiden uusiokäyttömuotojen markkinoille pääsyä ja uusien innovaatioiden luomista voidaan edesauttaa.

Kaskadiperiaatteen edistäminen edellyttää ohjauskeinoissa ”end of life” -näkökulman laajentamista jätteiden ennaltaehkäisyyn. Kaskadikäyttöön suhtaudutaan eri alueilla (esim. Keski- ja Pohjois-Euroopassa) eri lailla erilaisen biomassan resurssipohjan ja biomassan saatavuuden vuoksi. Tämä ilmenee myös tämän selvityksen maatarkasteluissa ja tarkastelluissa politiikka-asiakirjoissa. Keski-Euroopassa, erityisesti Itävallassa, Flanderissa ja myös Saksassa, kaskadiperiaate on monissa politiikka-asiakirjoissa aukikirjoitettuna ohjaavana periaatteena, kun taas Pohjoismaissa, kuten Ruotsissa ja Norjassa, puhutaan pikemminkin resurssitehokkuuden parantamisesta ja lisäarvon tuottamisesta arvoketjuissa ja -kierroissa.

Kaskadiperiaatteen ja -käytön säätely lainsäädännöllä tai normeilla on monien tahojen mielestä kyseenalaista ja ongelmallista. On helppo vedota, ettei kaskadiperiaatteen määritelmä ei ole vielä selvä ja yksiselitteinen. Tämä selvitys kuitenkin osoittaa, että kaskadiperiaatteen perusajatus on biomassan materiaalihyödyntämisen etusija energiakäyttöön nähden. Kaskadiperiaate edellyttää ympäristövaikutusten lisäksi sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arviointia.

Kaskadikäyttöä optimoitaessa on päätöksenteossa myös samanaikaisesti huomioitava suuri määrä erilaisia toimijoita, ja operoitava epävarmankin tiedon valossa. Markkinavaikutusten tarkastelua, eri toimijoiden rooleja sekä syvällisempiä elinkaariselvityksiä ja puhtaita materiaalikiertoja huomioivia tarkasteluja tarvitaan jatkossa.

Uudet innovaatiot ja teknologiat voivat muuttaa nopeastikin kaskadijärjestystä, eli sitä, mistä raaka-aineesta tai sen komponentista saadaan suurin arvo. Arvon määrittäminen on myös kiinni ajasta ja arvostuksista. Tässä selvityksessä tehdyn maatarkastelun perusteella monissa muissa maissa kaskadiperiaate linkittyy voimakkaasti ruoantuotannon priorisointiin, kun taas Suomessa se on liitetty lähinnä metsäbiomassan käyttöön. Säätely on hitaasti muuttuvaa, ja sen reaktiivisuus esim. uusiin innovaatioihin on huono. Tällöin voidaan ajautua tilanteeseen, jossa lainsäädäntö estää todellisuudessa biomassan korkeimman arvonlisän käytön.

Sitovaa säätelyä olennaisempaa olisikin saattaa ristiriitaiset politiikat paremmin linjaan keskenään. Kaskadimalli voi tässä toimia työkaluna tunnistaa ja optimoida politiikkojen välisiä synergioita. Ristiriitaiset tavoitteet ja vaihtosuhteet onkin syytä tunnistaa. Kuten edellä on todettu, etenkin biomassan käytön voimakasta lisäämistä koskevat politiikat, kuten bioenergia- ja biotalouspolitiikat, tulisi arvioida suhteessa niiden biodiversiteetti- ja hiilitasevaikutuksiin ottamalla huomioon kaskadikäytön vaikutukset. Kaskadikäytön periaate tulisi sisällyttää biotalouteen myös muilla kiertotalouden ja kestäväen käytön perusteluilla. Samalla biotalouden tulisi kehittyä laajemminkin linjassa kiertotalouden kanssa niin, että sekä bio- että kiertotalouden toimenpiteet parantavat resurssitehokkuutta, edistävät siirtymistä vähähiiliseen yhteiskuntaan ja turvaavat ekosysteemipalvelut sekä linkittävät erilaisia muita keskeisiä politiikkoja. Myös ekosysteemit ja biodiversiteetti tulee turvata yhteiskunnan kestäväen tulevaisuuden takaamiseksi

LÄHTEET

- A Bioeconomy strategy for France. 2017. Synthesis.
<http://agriculture.gouv.fr/telecharger/84625?token=e13f5ba7a8d26a552c8509c3c551418f>
- AEBIOM, CEPF, COPA COGECA, EIPS, ELO, EUSTAFOR, 2013. Joint Statement on Cascade Use of Wood. Retrieved on 28 January 2015 from. <http://www.cepfeu.org/vedl/Joint%20statement%20on%20cascade%20use.pdf>.
- Alim'agri. 2017. La stratégie nationale bioéconomie : remettre la photosynthèse au cœur de notre économie.
<http://agriculture.gouv.fr/la-strategie-nationale-bioeconomie-remettre-la-photosynthese-au-coeur-de-notre-economie>
- Alexandre, S. 2017. Rapport de mission de la déléguée interministérielle à la forêt et au bois. Rapport n. 011010-01. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer; Ministère du Logement et de l'Habitat Durable.
- Allen, B, Nanni S, Schweitzer J-P, Baldock D, Watkins E, Withana S and Bowyer C. 2015. International review of Bio-economy Strategies with a Focus on Waste Resources. Report prepared for the UK Government Department for Business, Innovation and Skills. Institute for European Environmental Policy, London
- Bais-Moleman, A.L., Sikkema, R., Vis, M., Reumerman, P., Theurl, M.C., Erb, K-H. 2017. Assessing wood use efficiency and greenhouse gas emissions of wood product cascading in the European Union. Journal of Cleaner Production, in press.
- Bardalen, A. 2016. The Norwegian bioeconomy strategy – structural changes and green shift in the economy. Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Riga 25.8.2016. <http://www.norden.lv/Uploads/2016/08/26/1472194408.pdf>
- Birat, J.-P. 2015. Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling. Metallurgical Research & Technology 112(2). DOI <https://doi.org/10.1051/metal/2015009>
- BMUB. 2012. German Resource Efficiency Programme (ProgRess). Programme for the sustainable use and conservation of natural resources. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB). http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_broschuere_en_bf.pdf
- BMUB. 2016a. German Resource Efficiency Programme II. Programme for the sustainable use and conservation of natural resources. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB). http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_broschuere_en_bf.pdf
- BMUB. 2016b. Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- Boyd, J., Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecol. Econ. 63, 616–626.
- Calster, van, G. 2015. EU Waste Law. Oxford University Press, 2nd edition.
- Carus, M., Eder, A., Dammer, L., Korte, H., Scholz, L., Essel, R., Breitmayer, E., 2014. Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets and Future Trends. Version 2014-03. <https://compositesuk.co.uk/system/files/documents/WPC-NFC-Market-Study-Short-Version%202015.pdf>
- Circular Economy Act. 2012. Act Reorganising the Law on Closed Cycle Management and Waste (Gesetz zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts), February 24th 2012. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/kreislaufwirtschaftsgesetz_en_bf.pdf
- DEFRA. 2011. Applying the Waste Hierarchy: evidence summary. Environment Agency, WRAP and DEFRA. London https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69404/pb13529-waste-hierarchy-summary.pdf
- Ehrgott, M., Ide, J., Schöbel, A., 2014. Minmax robustness for multi-objective optimization problems. Eur. J. Oper. Res. 239(1): 17-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.013>
- Essel R., Breitmayer E., Carus M., Fehrenbach H., von Geibler, J., Biengen, K., Baur, F. 2014. Discussion Paper: Defining Cascading use of Biomass, R&D-Project “Increasing Resource Efficiency by Cascading use of Biomass—From Theory to Practice”
- EC. Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571.
- EC. 2011b. A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy. COM(2011) 21 final
- EC. 2011c. Our life insurance, our natural capital: an EU Biodiversity Strategy to 2020. COM(2011) 244.

- EC. 2012a. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. {SWD(2012) 11 final} / COM(2012) 60 final. Brussels, 13.2.2012
- EC. 2012b. Guidance on the interpretation of the key provisions of Directive 2008/98/EC on waste. European Commission 2012.
- EC. 2013. A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. {SWD(2013) 342 final}, {SWD(2013) 343 final} / COM(2013) 659 final. Brussels, 20.9.2013.
- EC. 2014. For a European Industrial Renaissance. COM/2014/014 final
- EC. 2015a. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. COM(2015) 614, Brussels.
- EC. 2015b. Renewable energy progress report {SWD(2015) 117 final}. COM(2015) 293 final, Brussels 15.6.2015.
- EC. 2016. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). COM(2016) 767 final. Brussels, 30.11.2016.
- Ellen MacArthur Foundation. 2012. Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- End-of-Waste Criteria for Aluminium and Aluminium Alloy Scrap: Technical Proposals. JRC Scientific and Technical Reports.
- EU. 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. EUVL, No L 312/3, 22.11.2008.
- EU. 2015. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/1513 bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta. No L 239/1, 9.9.2015.
- Euroopan komissio. 2017. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Energian hyödyntäminen kiertotaloudessa. COM(2017) 34 final. Bryssel 26.1.2017.
- European Parliament. 2013. Report on innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe. 2012/2295(INI).
- Federal Ministry of Education and Research. 2011. National Research Strategy Bioeconomy 2030. Our Route towards a biobased economy. https://biobs.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/generated/files/policy/German%20bioeconomy%20Strategy_2030.pdf
- Formas. 2012. Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy (No. R3:2012). Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas). http://www.formas.se/PageFiles/5074/Strategy_Biobased_Ekonomy_hela.pdf
- Fraanje, P.J., 1997. Cascading of pine wood. Resources, Conservation and Recycling 19, 21–28. Fritzsche, U. & Iriarte, L. 2014. Sustainability Criteria and Indicators for the Bio-Based Economy in Europe: State of Discussion and Way Forward. Energies 7: 6825-6836.
- Geldermann, J., Kolbe, L.M., Schöbel, A., Schumann, M., 2016. Ressourceneffizienz in Unternehmensnetzwerken e Methoden zur betrieblichen und überbetrieblichen Planung für die Nutzung erneuerbarer Rohstoffe. In: Ahn, H., Clermont, M., Souren, R. (Eds.), Nachhaltiges Entscheiden. Springer, p. 491-508..
- Goverse, T., Hekkert, M.P., Groenewegen, P., Worrell, E., Smits, R.E., 2001. Woodinnovation in the residential construction sector; opportunities and constraints. Resources, Conservation and Recycling 34 (1), 53–74.
- Green Competitiveness. 2016. Executive summary of a report from the Norwegian Government's expert committee for green competitiveness.
- Gärtner, S.O., Hienz, G., Keller, H., Paulsch, D., 2012. Ökobilanz der kaskadierten Nutzung nachwachsender Rohstoffe am Beispiel Holz – eine Einordnung. uwfUmweltWirtschaftsForum 20 (2–4), 155–164.
- Haberl, H., Geissler, S. 2000: Cascade utilization of biomass: Strategies for a more efficient use of a scarce resource. Ecological Engineering, 16: 111-121.
- Hamburg, Abschlussbericht. McDonough, W., Braungart, M. 2002. Cradle to Cradle: Rethinking the way we make things. North Point, NY.
- Huttunen, R. (toim.) 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. <http://um.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

- Höglmeier, K., Weber-Blaschke, G., Richter, K. 2017. Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction—A case study for south-east Germany Resources, Conservation and Recycling. 117: 304–314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.030>
- Ide, J. and Schöbel, A. 2015. Robustness for uncertain multi-objective optimization: a survey and analysis of different concepts, OR Spect., <http://dx.doi.org/10.1007/s00291-015-0418-7JRC>. 2010.
- Jäppinen, J.-P., Seppälä, J., Salo, J. 2004. Ekosysteemilähestymistapa biodiversiteetin suojelussa, hoidossa ja kestävässä käytössä. Suomen ympäristö 733. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- Jäppinen, J.-P., Tyrväinen, L., Reinikainen, T., Ojala, O. (toim.). 2014. Luonto lähelle ja terveydeksi. Ekosysteemipalvelut ja ihmisen terveys Argumenta-hankkeen (2013–2014) tulokset ja toimenpidesuosituksset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35 | 2014 Suomen ympäristökeskus. Julkaisu on saatavana internetistä: www.syke.fi/julkaisut
- Jätelaki. 17.6.2011/646
- Kauppi, S., Salminen, J., Myllymaa, T., Mannio, J., Seppälä, J. 2017. Kemikaalit hallintaan ja materiaalikierrot toimiviksi. SYKE Policy Brief 2.6.2017. <http://hdl.handle.net/10138/187403>
- Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B., & Panoutsou, C. 2013. Cascading use: A systematic approach to biomass beyond the energy sector. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 7(2), 193-206.
- Kircher, M., 2012. The transition to a bio-economy: national perspectives. Biofuels, Bioprod. Biorefining 6 (3), 240e245. <http://dx.doi.org/10.1002/bbb.1341>.
- Koistinen, A. 2016. Kaskadikäyttö metsätalouden kestävyuden todentajana — esiselvitys. Tapion raportteja nro 4. <http://tapio.fi/wp-content/uploads/2016/01/biotalousden-kest%C3%A4vyys.pdf>
- Korhonen, K.T., Auvinen, A.-P., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O., Siitonen, J., Ahlroth, P., Jäppinen, J.-P., Kolström, T. 2016. Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2016.
- Lafleur, M.C.C., Fraanje, P.J., 1997. Towards a sustainable use of the renewable resource wood in the Netherlands - a systemic approach. Resources, Conservation and Recycling 20, 19–29.
- Mantau, U., Weimar, H., Kloock, T., 2012. Standorte der Holzwirtschaft -Holzrohstoffmonitoring: Altholz im Entsorgungsmarkt - Aufkommens- und Vertriebsstruktur 2010.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.
- Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt. 2016. Programme National de la Forêt et du Bois 2016-2026. http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/160307_plannational_foretbois_03.pdf
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2015. French national low-carbon strategy. http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/SNBC_France_low_carbon_strategy_2015.pdf.
- MMM. 2015. Kansallinen metsästrategia 2025. Valtioneuvoston periaatepäätös 12.2.2015. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 6/2015.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Zevenhoven, M., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. Suomen ympäristö 39/2008. <http://hdl.handle.net/10138/38383>
- Naskali, A. 2015. Kohti ekosysteemitaloutta. Tutkimus ekologisen taloustieteen perusteista ja mahdollisuuksista. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Social Sciences and Business Studies.
- Nordic Council of Ministers. 2017. Nordic bioeconomy. 25 cases for sustainable change.
- Norwegian Ministries. 2016. Familiar resources – undreamt of possibilities. The Government's Bioeconomy Strategy. English Summary. https://www.regjeringen.no/contentassets/32160cf211df4d3c8f3ab794f885d5be/bioekonomi-eng-kortversjon_uu.pdf
- Odegard I., Croezen H., Bergsma G. 2012. Cascading of Biomass: 13 Solutions for a Sustainable Bio-based Economy - Making Better Choices for Use of Biomass Residues, By- products and Waste. Delft, CE Delft. Julkaisu saatavilla internetistä: www.cedelft.eu
- Olsson, O. 2017. Cascading of woody biomass: The tricky path from principle to policy to practice. Discussion Brief. Stockholm Environment Institute.
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T., Kumpula J. 2017. Sopeutumisen tila 2017. Ilmasto- ja ympäristöministeriön hallinnonalalla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

- Primmer, E., Kangas, H.-L., Liski, J., Rekola, A., Seppälä, J., Kettunen, M., Allen, B., Nesbit, M., Paquel, K. 2016. Sustainable forestry in Finland: ENVI delegation in May 2016. European Parliament Directorate General for Internal Policies. Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Study, 15.4.2016.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578979/IPOL_STU\(2016\)578979_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578979/IPOL_STU(2016)578979_EN.pdf)
- Päivinen, R., Lehtoviita, J. & Arnkil, N. 2016. Kestävää kasvua metsistä – tasapainoisesti tulevaisuuteen. Tapion raportteja nro 16. Julkaisu saatavilla internetistä: <https://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/kestavaa-kasvua-metsista-tasapainoisesti-tulevaisuuteen-tapion-raportteja-nro-16/>
- République Française, Le Gouvernement. 2015. Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/SNTEDD%20-%20Le%20premier%20rapport_0.pdf
- République Française, Premier Ministre. 2011. Stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020 <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-biodiversite>
- Saastamoinen O., Kniivilä M., Alahuhta J., Arovuori K., Kosenius A., Horne P., Otsamo A., Vaara M. 2014. Yhdistävä luonto: ekosysteemipalvelut Suomessa. Itä-Suomen yliopisto. Publications of the University of Eastern Finland. Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences., no 15.
- Salmirinne, S. 2016. Kansallispuistojen suosio kasvaa. Puistoihin investoidut summat palautuvat moninkertaisina. <http://www.biotalous.fi/kansallispuistojen-suosio-kasvaa-puistoihin-investoidut-summat-palautuvat-moninkertaisina/>, luettu 11.7.2017.
- Sathre, R., Gustavsson, L., 2006. Energy and carbon balances of wood cascade chains. Resources, Conservation and Recycling (47), 332–355.
- Schmidt, J.H., Holm, P., Merrild, A., Christensen, P. 2007. Life cycle assessment of the waste hierarchy – A Danish case study on waste paper. Waste Management 27: 1525-1526.
- Seppälä, J., Kanninen, M., Vesala, T., Uusivuori, J., Kalliokoski, T., Lintunen, J., Saikku, L., Korhonen, R., Repo, A. 2015. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015.
- Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J., Salminen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2016.
- Seppälä, J., Asikainen, A., Kalliokoski, T., Kanninen, M., Koskela, S., Ratinen, I., Routa, J. 2017. Tutkijoiden pääviestit metsien käytön ilmastovaikutuksista. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 1/2017.
- Siitonen, J. 2011. Monimuotoisuus. Teoksessa: Asikainen, T., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E., Muhonen, T. (toim.): Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomi. Metlan työraportteja 240. s. 154-163.
- Sirkin, T., ten Houten, M., 1994. The cascade chain: a theory and tool for achieving resource sustainability with application for product design. Resources, Conservation and Recycling 10, 213–277.
- Sitra. 2016. Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025. Julkaisu saatavilla internetistä: <http://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf>
- Sokka, L., Koponen, K., Keränen, J.T. 2015. Cascading use of wood in Finland - with comparison to selected EU countries 2015. VTT Research Report. VTT-R-03979-15
- SOU. 2017. Från värdekedja till värdecykel – så får Sverige en mer cirkulär ekonomi. Betänkande av Utredningen cirkulär ekonomi. Statens Offentliga Utredningar 2017:22. Stockholm.
- Spangenberg, J.H., von Haaren, C., Settele, J. 2014. The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. Ecological Economics 104: 22–32. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.025>
- Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M., Helmisaari, H-S. 2012. Effects of logging residue harvest in thinning on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. Forest Ecology and Management 263: 31-38
- Tekniikka & Talous. 2017. Tekesin Arponen: Suomessa pusketaan biotaloutta puulaput silmillä. 14.4.2017. <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/tekesin-arponen-suomessa-pusketaan-biotaloutta-puulaput-silmilla-6641660>
- TEM, MMM, YM. 2014. Kestävää kasvua biotaloudesta. Suomen biotalousstrategia. Julkaisu saatavilla internetistä: http://biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/07/Julkaisu_Biotalous-web_080514.pdf
- TEM, YM. 2013. Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella. Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, konserni 33/2013.

- Teuber, L., Osburg, V.-S., Toporowski, W., Miltz, H., Krause, A. 2016. Wood polymer composites and their contribution to cascading utilisation *Journal of Cleaner Production*.
- Thonemann, N., Schumann, M. 2017. Environmental impacts of wood-based products under consideration of cascade utilization: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, in press.
- Turunen, T. 2016. Efficient Waste-to-Energy production in the European Union – the R1 efficiency standard and climate correction factor. *OGEL* 14(3): 1–10.
- Tyrväinen L., Silvennoinen H., Korpela K., Ylén M. 2007. Luonnon merkitys kaupunkilaisille ja vaikutus psyykkiseen hyvinvointiin. *Metlan työraportteja* 52: 57–77.
- Vlaamse overhead. 2013. Bioeconomy in Flanders. The vision and strategy of the Government of Flanders for a sustainable and competitive bioeconomy in 2030. <http://ebl.vlaanderen.be/publications/documents/55157>, luettu 23.3.2017
- Valtioneuvoston kanslia. 2015. Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015.
- Valtioneuvoston kanslia. 2017. Ratkaisujen Suomi: Puolivälin tarkistus. Hallituksen toimintasuunnitelma vuosille 2017–2019. Hallituksen julkaisusarja 5/2017.
- VnP. 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020, Luonnon puolesta – Ihmisen hyväksi.
- Werner, F., Althaus, H.J., Kunniger, T., Richter, K., 2007. Life cycle inventories of wood as fuel and construction material. Ecoinvent report No. 9. Dubendorf, Switzerland.
- Zorpas, A.A., Lasaridi, K. 2013. Measuring waste prevention. *Waste Management* 33: 1047-1048
- Övaf & BIOS Science Austria. 2013. Bioeconomy policy paper. https://www.boku.ac.at/fileadmin/data/H01000/H10090/H10400/H10420/Biooekonomie/Folder_Biooekonomie_engl_1.pdf, luettu 23.3.2017.

Resurssitehokkuuteen liittyvässä tieteellisessä ja poliittisessa keskustelussa on viime aikoina ollut esillä kaskadiperiaate, jolla tavoitellaan etenkin biomateriaalien tehokasta ja kertautuvaa käyttöä. Raportti avaa kaskadiperiaatteen määritelmää sekä selventää kaskadiperiaatteen liityntä- ja rajapintoja luonnonvarapolitiikan eri osa-alueisiin ja ekosysteemipalveluihin. Selvityksessä tarkastellaan erityisesti Suomen näkökulmasta kaskadiperiaatteen tuomaa lisäarvoa sekä sen ja muiden luonnonvarapolitiikkojen välisiä synergioita ja mahdollisia ristiriitaisuuksia. Lisäksi kuvataan kaskaditermin käyttöä eräiden Euroopan maiden politiikoissa. Johtopäätöksenä todetaan, että kaskadiperiaatteen käyttöä koskevaa sitovaa sääntelyä olennaisempaa olisi saattaa ristiriitaiset politiikat paremmin linjaan keskenään. Kaskadimalli voi toimia työkaluna eri sektorien politiikkojen välisten synergioiden tunnistamisessa ja hyödyntämisessä.



ISBN 978-952-11-4869-9 (nid.)

ISBN 978-952-11-4870-5 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)